ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MORPHOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Valeur morphologique des émergences antitropes. Mécanisme de leur production par déplacement desmonastique.* Note de M. **Paul Vuillemin.**

L'analyse morphologique distingue dans une plante des membres et des émergences qu'il ne faut pas confondre avec de simples accidents de surface. Les membres sont définis par l'anatomie; les émergences sont considérées comme des formations de nature indéterminée. En d'autres termes, leur valeur morphologique est inconnue; elle pose un problème que je me suis attaché à résoudre, du moins dans le cas particulier où l'émergence d'un membre appendiculaire (phyllome ou frondome) présente la même structure que ce membre, mais une orientation inverse. Par rapport au membre dont elle dépend, l'émergence est *homologue* et *antitrope*.

L'émergence n'est pas un membre inséré sur un autre membre, une formation nouvelle ayant ses initiales propres; ce n'est pas un produit de multiplication, une ramification comme la foliole d'une feuille composée. L'émergence ne résulte pas d'une division; dans les cas de dichotomie radiale (fission) ou faciale (clivage), les branches issues de partition unique ou répétée sont homotropes.

L'émergence provient du déplacement, au cours du développement, d'une portion d'un membre antérieurement formé.

Le déplacement local qui produit l'émergence, l'antitropisme qui la caractérise, relèvent du mécanisme général des *tropismes*. On a rapporté divers tropismes à des causes physiques extérieures : géotropisme, hapto-

tropisme, phototropisme, nyctitropisme, etc. Le tropisme qui produit les émergences homologues antitropes a une cause interne qui réside dans l'inégale vitesse de croissance des tissus.

H. de Vries attribue à une cause semblable les courbures qu'il nomme hyponastie et épinastie. Si une face s'affermit plus tôt que la face opposée, elle forme un plan de résistance (ναστός, ferme) qui deviendra concave à mesure que la face opposée continuant à s'étendre deviendra convexe. La courbure est hyponaste quand la concavité répondant au plan résistant est ventrale, épinaste quand la concavité est dorsale.

L'hyponastie et l'épinastie sont des cas particuliers d'un phénomène plus général, que j'appelle *hétéronastie* quand il est habituel, *allonastie* quand il est exceptionnel. Outre la surface de résistance qui provoque l'hyponastie et l'épinastie, on envisagera des lignes de résistance siégeant soit à la périphérie, soit à l'intérieur du membre.

Si le développement se ralentit ou s'arrête vers le pourtour, la résistance marginale provoque la *périnastie*. Quand la résistance s'étend à tout le pourtour, le limbe est uniformément embouti; quand elle se localise vers une extrémité, le limbe forme soit une poche à la base, soit un capuchon au sommet; quand elle est limitée à la partie moyenne, une gibbosité lui correspond.

Les lignes intérieures de résistance sont formées par les faisceaux, entre lesquels le système lamineux poursuit son développement en sortant du plan où il s'est formé. La résistance des cordons conducteurs (δεσμός) provoque la *desmonastie*. Les émergences antitropes sont le produit de la desmonastie.

Les manifestations les plus simples de la desmonastie sont le bombement du système lamineux entre les mailles du réseau desmique (dictyonastie) et la saillie sur l'une ou l'autre face de bourrelets le long des grosses nervures (névronastie). Les déplacements restreints n'éveillent pas encore l'idée d'émergence.

Les émergences ont la même origine; mais elles poursuivent leur développement en s'affranchissant du membre dont elles faisaient partie. Le bourrelet passe au ruban ou à la crête en prenant la structure bifaciale et l'orientation antitrope. Les crêtes antitropes le long de la nervure médiane sont normales à la face ventrale du *Senecio sagittifolius*, à la face dorsale du *Cephalotus follicularis*; elles sont fréquentes à la même face des Aracées, aux deux faces des Aristoloches et des Gesnéracées.

Les crêtes émergeant au voisinage de la nervure médiane peuvent

s'étendre au point d'égaler la moitié du limbe; on a l'impression de deux feuilles adossées (*Citrus Aurantium* d'après Masters) ou affrontées (*Strelitzia ovata* d'après Jæger).

En se dégageant davantage, la crête prend l'aspect d'une nouvelle feuille. L'émergence antitrope foliacée sera, pour abréger, nommée *foliette*. On connaît des exemples de foliettes ventrales chez les *Spirœa salicifolia*, *Podophyllum peltatum*, *Corylus Avellana*, etc. Sur une foliole de *Juglans regia* de forme juvénile, Cas. de Candolle décrit une foliette ventrale de chaque côté de la nervure principale.

Les foliettes, comme les feuilles dont le développement est gêné, prennent souvent la forme de cornet ou scyphie. Le Chou-fleur en fournit l'exemple classique bien décrit par Ch. Bonnet (1779).

Celakovsky mentionne, chez le *Syringa vulgaris*, une hyposcyphie ventrale émergeant au voisinage de la nervure médiane dans le prolongement d'une échancrure marginale. J'ai pu préciser le mécanisme de cette formation par une observation analogue sur le *Lunaria biennis;* le développement, ralenti entre deux grosses nervures et même arrêté à la périphérie au point de laisser une échancrure, a repris vers la nervure médiane en sortant du plan du limbe pour former une épiscyphie dorsale.

Les effets de l'hétéronastie normale ou de l'allonastie tératologique se manifestent sur les pétales et les étamines comme sur les feuilles. L'hyponastie et l'épinastie sont connues. La gibbosité de la gorge des Boraginées résulte de la périnastie locale.

Les lames antitropes constituant la catacorolle de Ch. Morren résultent, comme les foliettes, de la desmonastie. Elles sont fréquentes chez les Gesnéracées : *Sinningia speciosa* (Decaisne, 1860), *S. caulescens* (Eichler, 1876), *Nœgelia* sp. (Duchartre, 1883), les Scrophulariacées : *Verbascum phlomoides*, *Linaria vulgaris*, *Antirrhinum majus*, *Pentstemon gentianoides*, *Mimulus luteus*. Parmi les Solanées, Penzig les signale chez le *Nicotiana Tabacum*. Dans les *Datura* à fleur pleine on les rencontre sur les corolles supplémentaires. Wydler décrit sur les pétales de *Datura arborea* des lames antitropes disposées de chaque côté de la nervure, sur la face dorsale comme les foliettes sur la face ventrale des feuilles juvéniles du *Juglans regia*.

On a signalé chez le *Tulipa silvestris*, sur la face dorsale des pétales, des crêtes antitropes donnant, comme les feuilles d'Oranger de Masters, l'apparence de membres adossés réunis par la nervure médiane (Celakovsky), et des entonnoirs le long de cette nervure (Camus).

Nous devons à Masters la connaissance d'anomalies de même ordre dans

l'androcée de *Rhododendron* dont il ne précise pas l'espèce. Le filet élargi prend l'organisation d'une lame pétalaire. Le pétalisme peut s'étendre au connectif, s'arrêter à la base de l'anthère ou plus bas. De la face ventrale de la lame émergent de petites lames antitropes, disposées en nombre variable de chaque côté de la nervure médiane comme les foliettes de Noyer.

En résumé, les émergences ne sont pas des formations de valeur morphologique indéterminée. Du moins les foliettes antitropes des phyllomes, les lames antitropes des frondomes sont, non des formations nouvelles, mais des portions déplacées de membres antérieurement formés; elles ont nécessairement la même valeur morphologique que le membre dont elles procèdent.

Le déplacement et l'antitropie ont pour cause la résistance opposée par les faisceaux, en un mot la desmonastie.

M. Appell, en présentant à l'Académie la deuxième édition des *Principes de la théorie des fonctions elliptiques et applications*, s'exprime comme il suit :

Cette deuxième édition conserve le caractère essentiel d'être un *Traité élémentaire* des fonctions elliptiques, en un seul volume, contenant les principes de la théorie et montrant, par des exemples divers, combien ces fonctions sont utiles pour la résolution de certaines questions de Géométrie, de Mécanique et de Physique mathématique.

Parmi les additions de l'édition actuelle, figurent une étude approfondie du problème de l'inversion, la théorie des polygones de Poncelet, celle de la surface des ondes considérée comme l'exemple le plus simple des surfaces hyperelliptiques de rang 2, celle des fonctions modulaires $J(\tau)$ et $K^2(\tau)$, etc.

Cette édition, en reproduisant la première rédaction que nous avons faite, Lacour et moi, s'est ainsi enrichie d'applications et de théories nouvelles. J'exprime ici tous mes remercîments à M. Garnier, l'éminent professeur de l'Université de Poitiers, qui a donné son concours à la nouvelle publication.

M. H. Le Chatelier fait hommage à l'Académie d'une brochure en deux parties :

Léon Guillet. *De Réaumur* (1683-1757). *Sa vie. Son œuvre;* et De Réaumur (de l'Académie des Sciences). *L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu.* (Résumé de M. J. Cournot.)

Le **Prince Bonaparte** fait hommage à l'Académie de la traduction française de l'Ouvrage du Colonel **Howard-Bury** ayant pour titre *A la conquête du Mont Everest*, pour lequel il a écrit une *Préface*.

NOMINATIONS.

M. le **Président du Conseil d'administration de l'Institut Pasteur** invite l'Académie à se faire représenter à la réunion intime où sont conviés, le 27 décembre prochain, les représentants des Sociétés dont Pasteur faisait partie.

L'Académie désigne son Bureau.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui occupera, dans la *Commission de contrôle de la circulation monétaire*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. G. *Lemoine*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Louis Maillard. *Quand la lumière fut....* Tome I : *Les Cosmogonies anciennes*.

2° E. Lebert. *Électricité. Magnétisme. Gravitation. Mécanique. Théorie de la chaleur.* (Présenté par M. Mesnager.)

M. **A. Perot** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

Mme **Marie Phisalix**; MM. **J. Bied**, **A. Boutaric**, **C. Codron**, **Et. Foëx**, **J. Geffroy**, **Ph. Lasseur**, **A. Leduc**, **R. Lespieau**, **Louis Longchambon**, **Joseph Magrou**, **Marcel Massenet**, **Ch. Mauguin**, **Édouard Sauvage**, **Edmond** et **Étienne Sergent**, **Louis Spillmann** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Charles Le Morvan** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des lois de probabilité par leurs fonctions caractéristiques*. Note de M. **Paul Lévy**, transmise par M. Hadamard.

Considérons une loi de probabilité à une variable. On peut la définir, soit par la fonction $F(x)$ égale à la probabilité pour que la variable X soit dans l'intervalle $(-\infty, x)$, en précisant que, si la probabilité pour que l'on ait exactement $X = x$ n'est pas nulle, la moitié de cette probabilité est comptée dans $F(x)$, soit par la fonction caractéristique

$$(1) \qquad \varphi(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{izx}\, dF(x) = \varphi_0(z) + i\varphi_1(z).$$

Dans le cas où la fonction $F(x)$ est *absolument continue*, c'est-à-dire peut être obtenue par l'intégration de sa dérivée $f(x)$, la loi de probabilité se déduit de $\varphi(z)$ par la formule de Fourier

$$2\pi f(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-itz}\varphi(z)\, dz.$$

Le but de cette Note est d'indiquer l'extension de cette formule au cas général et d'étudier la continuité de la correspondance entre les fonctions $F(x)$ et $\varphi(z)$. Les résultats que j'obtiens permettent de préciser ceux de mes Notes du 27 mars et du 26 juin 1922 sur la loi de Gauss.

1. Calculons de deux manières différentes l'intégrale

$$I_c = \int_{-c}^{+c} \varphi(z)\, dz \int_0^t e^{-iz\tau}\, d\tau.$$

D'une part, en utilisant l'expression (1) de $\varphi(z)$, on trouve

$$(2) \qquad I_c = 2\int_{-\infty}^{+\infty} [F(x+t) - F(x)] \frac{\sin cx}{x}\, dx,$$

expression qui tend, pour c infini, vers $2\pi[F(t) - F(0)]$. D'autre part, en effectuant l'intégration par rapport à τ, on trouve

$$(3) \qquad I_c = \int_{-c}^{+c} \frac{\varphi_0(z)\sin tz + \varphi_1(z)(1-\cos tz)}{z}\, dz,$$

d'où, par comparaison avec le résultat précédent,

$$(4) \qquad F(t) - F(0) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varphi_0(z)\sin tz + \varphi_1(z)(1-\cos tz)}{z}\, dz,$$

cette intégrale étant certainement convergente. Cette formule, jointe à la condition $F(-\infty) = 0$, détermine $F(x)$.

2. On dit qu'une loi de probabilité variable définie par la fonction $F(x)$ tend vers une loi fixe définie par $\overline{F}(x)$ si $F(x)$ tend vers $\overline{F}(x)$, sauf peut-être aux points de discontinuité de $\overline{F}(x)$. Avec cette définition : *la condition nécessaire et suffisante pour qu'une loi de probabilité dont la fonction caractéristique est $\varphi(z)$ tende vers une loi dont la fonction caractéristique est $\overline{\varphi}(z)$ est que $\varphi(z)$ tende vers $\overline{\varphi}(z)$, et cela uniformément dans tout intervalle fini.*

La condition est évidemment nécessaire.

Pour démontrer qu'elle est suffisante, considérons le groupe G_μ formé par les lois de probabilité pour lesquelles la fonction $F(x)$ est absolument continue et $f(x) \leqq \mu$, $f(x)$ étant la dérivée de $F(x)$. C'est un groupe en ce sens que deux lois appartenant au groupe donnent par composition une loi appartenant au groupe; il suffit même qu'une des lois composantes appartienne au groupe pour que la loi résultante lui appartienne certainement.

Pour démontrer le théorème énoncé, on peut ramener le cas général au cas de lois appartenant au groupe G_μ. Il suffit de remplacer les lois considérées par celles qu'on en déduit en les composant avec une loi continue, par exemple celle de Gauss, pour laquelle

$$(5) \qquad F(x) = \int_{-\infty}^{x} e^{\frac{x^2}{2a^2}} \frac{dx}{a\sqrt{2\pi}}, \qquad \varphi(z) = e^{-\frac{a^2 z^2}{2}}.$$

Si a est assez petit, cela modifie aussi peu qu'on le veut les fonctions qui interviennent dans l'énoncé du théorème. La loi de Gauss, et par suite les lois de probabilité modifiées par composition avec elle, appartenant au groupe G_μ pour $\mu = \frac{1}{a\sqrt{2\pi}}$, il suffit de démontrer le théorème pour les lois de ce groupe.

Or dans ce cas il résulte de (2) que I_c diffère de sa limite de moins que n'importe quel nombre positif $\frac{2}{3}\pi\varepsilon$, pourvu que c soit supérieur à une valeur convenable, fonction de μ et ε seulement. On le voit aisément en précisant la démonstration classique du fait que l'intégrale (2) tend vers $2\pi[F(t) - F(0)]$. Pour démontrer que $F(t) - F(0)$ diffère de moins de ε de la valeur $\overline{F}(t) - \overline{F}(0)$ relative à la loi limite, il suffit alors de démontrer que, c étant choisi comme il vient d'être dit, I_c diffère de moins de $\frac{2}{3}\pi\varepsilon$ de la valeur $\overline{I}_c$ relative à cette loi; cela résulte de la formule (3) et de l'hypothèse

que $\varphi(z)$ tende uniformément vers $\overline{\varphi}(z)$ dans tout intervalle fini. Alors $F(t)$ tend vers $\overline{F}(t) +$ const., cette constante ne pouvant d'ailleurs évidemment être que nulle, et le théorème est démontré.

3. Dans mes Notes citées plus haut, je considère la composition d'un grand nombre de lois de probabilité pour chacune desquelles la valeur moyenne de la variable est nulle et la valeur quadratique moyenne a une valeur finie m. Je suppose de plus que $\Sigma m^2 = 1$, et que :

1° Le plus grand des nombres m est au plus égal à un nombre très petit η;

2° Pour l'ensemble des lois *réduites* correspondantes (c'est-à-dire ramenées par un changement d'unité à vérifier la condition $m = 1$), les intégrales définissant m^2 sont également convergentes.

Dans ces conditions, j'ai énoncé ce théorème que, η tendant vers zéro, la loi résultante tend vers celle de Gauss, définie par la formule (5) pour $a = 1$. J'ai seulement démontré, dans la seconde des Notes citées, que la fonction $\varphi(z)$ tend vers $e^{-\frac{z^2}{2}}$. D'après ce qui précède, ce résultat équivaut bien au théorème énoncé, et l'on peut affirmer que la fonction $F(x)$ relative à la loi résultante tend (et même uniformément) vers la valeur (5), écrite pour $a = 1$.

Il n'est donc pas nécessaire d'introduire, comme on le fait généralement, des hypothèses relatives à la convergence des intégrales définissant, pour les lois considérées, les moyennes d'un ordre α supérieur à 2.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur quelques approximations nouvelles.* Note de M. VAN DER CORPUT, présentée par M. Émile Borel.

Pour calculer approximativement le nombre des points à coordonnées entières situés dans des domaines plans donnés, on dispose actuellement de cinq méthodes différentes dues respectivement à Voronoï [1], Pfeiffer [1],

---

[1] Dans ma Thèse [*Over roosterpunten in het platte vlak* (*De beteekenis van de methoden van Voronoï en Pfeiffer*), Leiden 1919] j'ai comparé les méthodes de Voronoï, de Pfeiffer et de Landau (p. 7), et j'ai donné la bibliographie complète concernant ces méthodes. Les méthodes de Pfeiffer et de Voronoï ont été ensuite simplifiées par M. Landau et moi-même dans l'article suivant : *Ueber Gitterpunkte in ebenen Bereichen* (*Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, mathematisch-physikalische Klasse*, 1920, p. 135-171).

Landau [1], Piltz [2] et moi-même [3]. Ma méthode m'a permis de démontrer la proposition suivante [4] :

Étant données :

1° Une fonction $\psi(v)$ réelle et périodique de période 1, unioscillante dans l'intervalle $0 < v < 1$ et satisfaisant à

$$|\psi(v)| \leqq 1 \quad (0 \leqq v \leqq 1), \qquad \text{et} \qquad \int_0^1 \psi(v)\,dv = 0;$$

2° Une fonction unioscillante $f(u)$ deux fois dérivable sur le segment $a \leqq u \leqq b$ $(a + 1 \leqq b)$, et, soit constamment positive, soit constamment négative ; il existe une constante absolue c telle que

$$\left|\sum_{\substack{a \leqq n \leqq b \\ n \text{ entier}}} \psi[f(n)]\right| < c\left(\int_a^b |f''(u)|^{\frac{1}{3}}\,du + \frac{1}{\sqrt{|f''(a)|}} + \frac{1}{\sqrt{|f''(b)|}}\right).$$

Toutes les approximations obtenues au moyen des méthodes citées plus haut se déduisent de la proposition précédente pour le cas particulier où $\psi(v) = v - \mathrm{E}(v) - \frac{1}{2}\cdot$ $[\mathrm{E}(v) =$ partie entière de $v]$. Toutes sont améliorées, si l'on peut remplacer dans le membre de droite de l'inégalité l'exposant $\frac{1}{3}$ par un nombre plus grand. J'ai montré que ceci est possible dans divers cas. Je citerai les applications les plus importantes de ces propositions.

Dans les formules ci-après, θ est une constante absolue $< \frac{1}{3}$, x désigne un membre positif croissant indéfiniment, et O est le symbole connu de M. Landau.

1. L'ellipse réelle

$$a_{11}u^2 + 2a_{12}uv + a_{22}v^2 + 2a_{13}u + 2a_{23}v + a_{33} = x$$

(où les coefficients du premier membre sont indépendants de x) contient à

---

(1) *Loc. cit.*

(2) E. Landau, *Ueber Dirichlets Teilerproblem* (*Nachrichten von der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, *mathematisch-physikalische Klasse*, 1920, p. 13-32). — J.-G. van der Corput, *Zahlentheoretische Abschätzungen nach der Piltzschen Methode* (*Mathematische Zeitschrift*, t. 10, 1921, p. 105-120).

(3) *Zahlentheoretische Abschätzungen* (*Mathematische Annalen*, t. 84, 1921, p. 53-79).

(4) On trouvera les détails des démonstrations dans un autre Recueil.

son intérieur et sur son contour

$$\frac{\pi x}{\sqrt{a_{11}a_{22}-a_{12}^2}}+O(x^\theta)$$

points dont les coordonnées sont entières; si λ et μ ne sont pas entiers, la somme $\sum e^{2\pi i(\lambda u+\mu v)}$, étendue à tous les couples de coordonnées u et v de ces points, est égale à $O(x^\theta)$.

2. Le nombre des points à coordonnées entières, situés à l'intérieur et sur le contour d'un secteur, formé de deux segments OP et OQ (O étant l'origine de coordonnées) et de l'arc PQ de la courbe

$$a_{11}u^2+2a_{12}uv+a_{22}v^2=x,$$

est égal à $J+\frac{1}{2}B+O(x^\theta)$, où J désigne l'aire du secteur et B le nombre des points à coordonnées entières situés sur les deux segments OP et OQ. Les coefficients angulaires des deux segments sont supposés rationnels et indépendants de x.

3. Dans chaque corps quadratique le nombre des idéaux d'une classe donnée avec une norme $\leq x$ est égal à $\frac{\gamma}{h}x+O(x^\theta)$; dans cette expression h est le nombre des classes du corps, et $\gamma=\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{D}{n}\right)\cdot\frac{1}{n}$, où D désigne le nombre fondamental du corps, $\left(\frac{D}{n}\right)$ le symbole de Jacobi.

Dans les trois formules précédentes l'exposant θ remplace l'exposant $\frac{1}{3}$ donné antérieurement par MM. Landau, Hammerstein et moi.

4. (Application au problème des diviseurs). Soient $T(n)$ le nombre des diviseurs du nombre entier positif n, $\tau(x)$ la fonction

$$\tau(x)=\sum_{n\leq x}T(n)=\sum_{n\leq x}E\left(\frac{x}{n}\right)\qquad(x>0),$$

C la constante d'Euler, $\Delta(x)$ la fonction $\tau(x)-x\log x-(2C-1)x$.

Au lieu de $\Delta(x)=O(\sqrt[3]{x}\log x)$ (Voronoï), j'ai obtenu $\Delta(x)=O(x^\theta)$. J'ai démontré directement que l'exposant θ peut ici être choisi inférieur à 0,33 [1].

---

[1] *Verschärfung der Abschätzung beim Teilerproblem* (*Mathematische Annalen*, t. 87, 1922, p. 39-65).

5. Si λ n'est pas entier, on a

$$\sum_{n=1}^{E(x)} e^{2\pi i\lambda n}\,E\left(\frac{x}{n}\right)=x\sum_{n=1}^{\infty}\frac{e^{2\pi i\lambda n}}{n}+O(x^{\theta});$$

$O(x^{\theta})$ remplace $O(\sqrt[3]{x}\log x)$ de M. Landau.

6. En supposant que w est un nombre positif, indépendant de x, j'ai de même perfectionné l'approximation des formules

$$\sum_{n=1}^{E(x)} E\left(\frac{x^w}{n^w}\right)=\zeta(w)\,x^w+\zeta\left(\frac{1}{w}\right)x+O\left(x^{\frac{w}{2w+1}}\right) \qquad \text{si } w<1,$$

$$=x\log x+(2C-1)x+O\left(x^{\frac{1}{3}}\log x\right) \qquad \text{si } w=1,$$

$$=\zeta(w)\,x^w+\zeta\left(\frac{1}{w}\right)x+O\left(x^{\frac{w}{w+2}}\right) \qquad \text{si } w>1,$$

$$\sum_{n=1}^{E(x)}\sum_{d/n} d^{\pm w}=\frac{\zeta(1\pm w)}{1\pm w}x^{1\pm w}+\zeta(1\mp w)x+O\left(x^{\frac{1+w\pm 3w}{6}}\right) \qquad \text{si } w<1,$$

contenues dans ma Thèse [$\zeta(s)$ est la fonction de Riemann].

7. Dans les approximations du nombre des classes positives quadratiques d'un discriminant négatif [Landau (1)], le reste, $O\left(x^{\frac{5}{6}}\log x\right)$, peut être remplacé par $O(x^{\eta})$, où η est inférieur à $\frac{5}{6}$ et indépendant de x.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur l'existence de toutes les classes d'ensembles mesurables* (B). Note de M. **W. Sierpinski**, présentée par M. Henri Lebesgue.

L'existence de fonctions de toutes les classes de Baire a été démontrée en 1905 par M. Lebesgue (2); de l'existence de fonctions de toutes les classes on déduit sans peine l'existence d'ensembles mesurables (B) de toutes les classes.

Le but de cette Note est de démontrer directement l'existence d'ensembles

(1) *Die Bedeutung der Pfeifferschen Methode für die analytische Zahlentheorie* (*Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Klasse*, t. 121, II *a*, 1912, p. 2195-2332 et p. 2199, 2200, 2201, 2202).

(2) *Journal de Mathématiques*, 6e série, t. 1. — Voir aussi De la Vallée Poussin, *Intégrales de Lebesgue*, etc. Paris, 1916, p. 145 et suiv. — H. Hahn, *Theorie der reellen Funktionen*, t. 1, Berlin, 1921, p. 374 et suiv.

de toutes les classes (d'où, à son tour, on pourrait déduire sans peine l'existence de fonctions de toutes les classes). L'idée de cette démonstration m'a été suggérée par la construction de MM. Souslin et Lusin d'un ensemble plan mesurable (B) dont la projection n'est pas mesurable (B) [1].

Il existe plusieurs classifications des ensembles mesurables (B). Nous prendrons ici celle de M. Hausdorff [2].

Les ensembles linéaires ouverts constituent la classe 1.

Si α est un nombre ordinal pair ($\alpha = 2\beta$), la classe α est formée de tous les ensembles linéaires qui ne sont pas de classes inférieures à α et qui sont produits d'une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$.

Si α est un nombre ordinal impair ($\alpha = 2\beta + 1) > 1$, la classe α est formée de tous les ensembles linéaires qui ne sont pas de classes $< \alpha$ et qui sont sommes d'une infinité dénombrable d'ensembles de classes $< \alpha$.

Soit α un nombre ordinal donné. Il est bien évident qu'on peut obtenir tout ensemble de classe $\leqq \alpha$ en effectuant, suivant une loi déterminée ne dépendant que de α, une infinité dénombrable d'additions et de multiplications à partir des intervalles ouverts aux extrémités rationnelles. Plus précisément, il existe pour tout nombre ordinal α une fonction d'une infinité dénombrable de variables $\Phi_\alpha(E_1, E_2, E_3, \ldots)$, obtenue par une infinité dénombrable d'additions et de multiplications à partir de ces variables, qui donne tout ensemble de classe $\leqq \alpha$ si l'on substitue à E_n des intervalles aux extrémités rationnelles convenables, et qui ne donne que les ensembles de classe $\leqq \alpha$ (ou des ensembles vides) quand les E_n sont des intervalles aux extrémités rationnelles quelconques. On voit aussi sans peine que si

$$P = \Phi_\alpha(E_1, E_2, E_3, \ldots), \qquad Q = \Phi_\alpha(H_1, H_2, H_3, \ldots)$$

et si, x étant un point de P, y est un point qui appartient à H_k pour tout indice k pour lequel x appartient à E_k, alors y est un point de Q.

Soit maintenant α un nombre ordinal donné : nous prouverons qu'il existe un ensemble linéaire mesurable (B) de classe $> \alpha$.

Les intervalles aux extrémités rationnelles formant un ensemble dénombrable, on peut les ranger dans une suite infinie

$$J_1, J_2, J_3, \ldots;$$

---

(1) Paraîtra dans le Tome 5 des *Fundamenta Mathematicæ*.

(2) Cf. *Comptes rendus*, t. **171**, 1920, p. 24. On pourrait aussi bien prendre la classification de M. Lebesgue (ensembles F et O de classe α).

x étant un nombre irrationnel de l'intervalle (0, 1), désignons par

$$x = \frac{1|}{|n_x^1} + \frac{1|}{|n_x^2} + \frac{1|}{|n_x^3} + \ldots$$

son développement en fraction continue infinie.

Posons

$$(1) \qquad M = E[x \in \Phi_\alpha(I_{n_x^1}, I_{n_x^2}, I_{n_x^3}, \ldots)],$$

c'est-à-dire désignons par M l'ensemble de tous les nombres x qui appartiennent à l'ensemble correspondant

$$\Phi_\alpha(I_{n_x^1}, I_{n_x^2}, I_{n_x^3}, \ldots).$$

Il résulte sans peine de la propriété de la fonction Φ_α que

$$\Phi_\alpha(I_{n_x^1}, I_{n_x^2}, \ldots)$$

peut représenter, par un nombre irrationnel x de (0, 1) convenable, tout ensemble linéaire de classe $\leqq \alpha$. On en déduit sans peine, par un raisonnement connu de Cantor, que le complémentaire de M par rapport à l'ensemble Q de tous les membres irrationnels de l'intervalle (0, 1), c'est-à-dire l'ensemble $N = Q - M$, ne peut être de classe $\leqq \alpha$.

Or je dis que l'ensemble N est mesurable (B). En effet, désignons par $Q(k, m)$ l'ensemble de tous les nombres de Q dont la fraction continue a pour $k^{\text{ième}}$ dénominateur le nombre m, et posons

$$(2) \qquad E_k = \sum_{m=1}^{\infty} Q(k, m) I_m \qquad (k = 1, 2, 3, \ldots),$$

ce seront évidemment des ensembles mesurables (B). Posons

$$(3) \qquad E = \Phi_\alpha(E_1, E_2, E_3, \ldots);$$

on voit sans peine que ce sera un ensemble mesurable (B). Nous prouverons que $E = M$.

D'après (2), (3) et la propriété de la fonction Φ_α, il suffira évidemment de démontrer que, pour tout nombre x de Q et tout nombre naturel k, la formule $x \in I_{n_x^k}$ entraîne la formule $x \in E_k$ et inversement.

Soient donc x un nombre de Q et k un nombre naturel, tels que

$$(4) \qquad x \in I_{n_x^k}.$$

Il s'ensuit de la définition du nombre n_x^k et de l'ensemble $Q(k, m)$ que nous

avons toujours

(5) $$x \in Q(k, n_x^k).$$

Les formules (4) et (5) donnent $x \in Q(k, n_x^k) I_{n_x^k}$, donc, d'après (2),

(6) $$x \in E_k.$$

Or, soit x un nombre de Q et k un indice pour lesquels subsiste la formule (6). D'après (2), nous avons donc

(7) $$x \in \sum_{m=1}^{\infty} Q(k, m) I_m.$$

Il s'ensuit immédiatement de la définition des ensembles $Q(k, m)$ que les ensembles $Q(k, m)$ $(m = 1, 2, 3, \ldots)$ sont sans points communs deux à deux : il résulte donc de (7) l'existence d'un indice m unique, tel que

(8) $$x \in Q(k, m) I_m.$$

Or, d'après (5) et (8), nous voyons que cet indice ne peut être autre que n_x^k : nous avons donc $m = n_x^k$ et la formule (8) donne

$$x \in Q(k, n_x^k) I_{n_x^k},$$

d'où résulte la formule (4).

Les formules (4) et (6) sont donc équivalentes, ce qui entraîne que $M = E$. Donc M, et par suite $N = Q - M$, est un ensemble mesurable (B). Or, comme nous le savons, N n'est pas de classe $\leqq \alpha$: c'est donc un ensemble de classe $> \alpha$.

L'existence de toutes les classes est ainsi établie.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes de deux variables.* Note de M. **Pierre Fatou**, présentée par M. Henri Lebesgue.

On sait qu'une fonction méromorphe d'une variable complexe peut s'approcher autant que l'on veut de toute valeur donnée. Existe-t-il une propriété analogue pour un système de deux fonctions méromorphes (indépendantes) de deux variables complexes, autrement dit deux fonctions de cette nature peuvent-elles prendre simultanément des valeurs infiniment voisines de deux valeurs données quelconques? La question ne paraît pas avoir été élucidée bien que, dans une Note relative à l'itération

des substitutions rationnelles de deux variables ([1]), un Mathématicien distingué ait paru admettre la propriété indiquée, et même aussi, que les systèmes de valeurs que ces fonctions ne peuvent prendre forment tout au plus deux courbes. Pourtant, l'application même que l'Auteur avait en vue aurait pu, semble-t-il, montrer non seulement que cette dernière affirmation est inexacte, mais encore que la propriété plus restrictive énoncée plus haut l'est également.

Soit

$$X = R(x, y),$$
$$Y = S(x, y)$$

une substitution birationnelle possédant un point double $O(a, b)$ de multiplicateurs k et k', avec $|k| > 1$, $|k'| > 1$, $\frac{\log k}{\log k'}$ n'étant pas un entier ni l'inverse d'un entier, et soient alors $\theta_1(u, v)$, $\theta_2(u, v)$ les deux fonctions méromorphes de M. Picard prenant les valeurs a et b pour $u = v = 0$, et vérifiant les équations

$$\theta_1(ku, k'v) = R[\theta_1(u, v), \theta_2(u, v)],$$
$$\theta_2(ku, k'v) = S[\theta_1(u, v), \theta_2(u, v)].$$

Soit enfin P le point (ξ, η) tel que les équations

$$\theta_1(u, v) = \xi,$$
$$\theta_2(u, v) = \eta$$

admettent la solution (u_0, v_0). On aura

$$\theta_1\left(\frac{u_0}{k^n}, \frac{v_0}{k'^n}\right) = R_{-n}(\xi, \eta),$$
$$\theta_2\left(\frac{u_0}{k^n}, \frac{v_0}{k'^n}\right) = S_{-n}(\xi, \eta),$$

R_{-n} et S_{-n} étant les fonctions rationnelles par hypothèse, qui font l'inversion de la $n^{\text{ième}}$ itérée de la substitution donnée; on conclut de là, en faisant tendre n vers l'infini, que P_{-n}, $n^{\text{ième}}$ antécédent de P, tend vers O. Or, supposons que la substitution donnée possède un deuxième point double $O'(c, d)$, de multiplicateurs également > 1 en module; si P est suffisamment voisin de O', P_{-n} tendra vers O' et non vers O, O' étant un point double attractif de la substitution inverse : cela est bien connu et résulte, si l'on

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 166, 1898, p. 151.

veut, de ce qui précède, en remplaçant θ_1 et θ_2 par les fonctions analogues relatives à O′. Il s'ensuit que le système de fonctions θ_1 et θ_2 ne prendra jamais les valeurs représentées par les points d'un domaine D′ entourant O′, D′ renfermant une hypothèse de rayon fini. Notre assertion est donc exacte pourvu que l'on admette l'existence de substitutions birationnelles ayant au moins deux points doubles O et O′ de l'espèce indiquée. Bien que la chose paraisse évidente par une énumération de paramètres, il importe, ne connaissant pas les relations qui peuvent exister entre les multiplicateurs, même pour une substitution crémonienne à coefficients arbitraires, de vérifier sur un exemple que nos hypothèses peuvent être réalisées.

Soit la substitution birationnelle quadratique

$$X = \frac{ax + by + 1}{a'x + b'y + c'},$$
$$Y = \frac{ax + by + 1}{a''x + b''y + c''}.$$

dépendant de huit paramètres; si on l'assujettit à avoir deux points doubles donnés, cela donne quatre relations linéaires entre les coefficients; il en reste quatre arbitraires et les multiplicateurs en ces points, dépendant de quatre paramètres, pourront en général prendre des valeurs arbitraires; toutefois, quand il y a certaines relations entre les points doubles, ces quatre multiplicateurs cessent d'être indépendants. On constate qu'il n'en est pas ainsi quand on choisit les deux points doubles

$$(+1, +1) \quad \text{et} \quad (-1, +2).$$

Le calcul donne en effet, en appelant Σ_1, Π_1, Σ_2, Π_2 la somme et le produit des multiplicateurs pour les deux points :

$$(1) \qquad \left\{ \begin{aligned} \Sigma_1 &= \frac{\lambda - \rho}{\lambda}, \\ \Sigma_2 &= \frac{\mu + \nu - 2\rho + 2}{\mu}, \\ \Pi_1 &= -\frac{\mu\nu}{2\lambda^2}, \\ \Pi_2 &= -\frac{2\lambda\rho}{\mu^2}; \end{aligned} \right.$$

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} \lambda &= a - b + 1, \\ \mu &= 2b - a + 1, \\ \nu &= a'' - 2b'' - 1, \\ \rho &= a' + b'' + 1. \end{aligned} \right.$$

On voit facilement qu'on peut résoudre les équations (1) en λ, μ, ν, ρ, connaissant les premiers membres; on en déduit ensuite les coefficients a, b, ... On pourra donc prendre les quatre multiplicateurs > 1, puisqu'arbitraires [1].

En général, si O est un point double de l'espèce précédente d'une substitution crémonienne, et D le domaine des points P tels que P_{-n} tende vers O, D qui a toujours des points frontières, *jamais isolés*, peut admettre aussi, d'après ce qui précède, des points extérieurs. Mais D est traversé en général par une droite quelconque, et il conserve cette propriété quand on le transforme par une substitution birationnelle régulière en O.

ASTRONOMIE. — *Statistique des étoiles faibles dans une région limitée de la voie lactée.* Note de M. **Luc Picart**, présentée par M. Baillaud.

Si l'on admet que le temps de pose minimum t, permettant d'obtenir la trace d'une étoile sur une plaque photographique, varie en raison de l'éclat apparent de l'étoile (indépendamment de la couleur), on voit facilement qu'entre t et la magnitude m de l'étoile existe la relation

$$\log_{10} t = 0{,}4\,m + K, \tag{1}$$

K étant une constante qui dépend naturellement de la sensibilité de la plaque, de l'état du ciel, de l'objectif, etc.; si l'on opère dans les mêmes conditions avec des plaques de la même émulsion, la formule montre que, lorsqu'on multiplie t par λ, la magnitude des étoiles à la limite de visibilité est augmentée de $\frac{\log \lambda}{0{,}4}$.

Soit, pour une région déterminée du ciel, n le nombre des étoiles dont la magnitude est inférieure ou égale à m; si les étoiles étaient d'éclats absolus

---

(1) Voici un exemple plus général; soit

$$x_1 = my, \qquad y_1 = \frac{x\alpha(y) + \beta(y)}{x\gamma(y) + \delta(y)},$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$, polynomes en y que nous supposerons de degré $2q-1$ et à coefficients indéterminés; on peut en disposer de manière que les multiplicateurs en q points doubles, dont on se donne les y, aient des valeurs données à l'avance. Cela contredit le résultat énoncé à la fin de la note citée plus haut.

égaux entre eux, et si elles étaient réparties uniformément, on aurait

$$\frac{n}{n_0} = (2,512)^{\frac{3}{2}(m-m_0)}, \tag{2}$$

n_0 étant le nombre des étoiles de magnitude au plus égale à m_0; l'élimination de m entre (1) et (2) donne

$$\log t = \frac{2}{3}\log n + K_1, \tag{3}$$

K_1 étant une nouvelle constante.

En effectuant une série de poses dont les durées croissent en progression géométrique, on trouverait donc sur les plaques, si les hypothèses faites étaient exactes, des nombres d'étoiles croissant également en progression géométrique, la raison de cette dernière étant celle de la première, élevée à la puissance $\frac{3}{2}$.

Il est impossible d'admettre que les étoiles ont même luminosité; mais on peut remarquer que la formule (2) est encore exacte quand la distribution des étoiles est telle que le nombre de celles de même luminosité soit proportionnel au volume qui les contient; d'autre part, quand le nombre des étoiles devient très grand, on peut considérer un éclat absolu moyen dont les luminosités véritables s'écartent à peu près également dans les deux sens.

En raison de cette dernière considération, nous avons choisi, pour une étude de la distribution des étoiles, une région particulièrement peuplée, celle de la Carte du Ciel n° 149 de la zone confiée à l'Observatoire de Bordeaux ($19^h 44^m, +16°$), dont le cliché contenait 10150 étoiles; M. Godard a pris, avec des plaques radio-éclair Guilleminot qui servent habituellement, une série de poses dont les durées successives, $7^s,5$, 15^s, 30^s, ..., vont en doublant de l'une à l'autre jusqu'à $2^h 8^m$; nous n'avons retenu ici que des poses de plus d'une minute, pour lesquelles le nombre n devenait important. Voici le Tableau des résultats :

t.	1^m.	2^m.	4^m.	8^m.	16^m.	32^m.	64^m.	128^m.
m	12,5	13,25	14,0	14,75	15,5	16,25	17,0	17,75
n	496	702	1366	3356	6442	12491	29078	52645
$n'-n$ ...	206	664	1990	3086	6049	16587	23567	
$\frac{n''-n'}{n'-n}$ ...		3,22	2,99	1,62	1,96	2,74	1,42	

Nous avons introduit dans les deux dernières lignes les différences des

nombres n pour éliminer l'influence des étoiles brillantes; si les étoiles étaient distribuées d'une façon uniforme, le rapport $\frac{n'}{n}$ devrait être constant, et sa valeur serait aussi celle du rapport $\frac{n''-n'}{n'-n}$ de deux différences consécutives; la valeur théorique de ce rapport serait $2^{\frac{3}{2}} = 2,828$.

Il résulte de ce Tableau que, dans la région considérée, il y a une condensation des étoiles vers la 13e-14e magnitude, raréfaction vers la 15e magnitude suivie d'une nouvelle condensation relative et d'une raréfaction nette vers la 17e magnitude; cette conclusion appuierait l'hypothèse, souvent émise, que la Voie lactée représente, dans son ensemble, une nébuleuse spirale.

Il est nécessaire d'expliquer comment ont été déterminés les nombres de la seconde ligne comme représentation approchée des magnitudes : les catalogues d'Harvard College ne contiennent que les magnitudes de sept étoiles de la région considérée; la plus faible de ces étoiles ($m = 8,74$) est très nettement visible sur la pose de $7^s,5$; pour trouver la magnitude limite donnée par cette pose, et pour étudier expérimentalement la loi (1), M. Godard a repris, dans une même soirée, d'abord de courtes poses de la région précédente, puis, avec les mêmes poses que précédemment, des clichés de la *selected area* 88 d'Harvard College; d'une plaque à l'autre, on devait gagner $\frac{3}{4}$ de magnitude. Il est difficile de vérifier ce résultat avec précision; d'une part, il n'était pas possible de diminuer les poses, et elles n'auraient donné que les étoiles brillantes que nous avons cherché à éliminer; d'un autre côté, l'identification des étoiles devient délicate en raison de leur nombre, et il arrive que, si l'on repère exactement une étoile à la limite de sensibilité, on la découvre nettement, alors qu'on l'aurait négligée dans une statistique faite avec une simple loupe.

On a été ainsi conduit à se borner à l'examen des premières plaques; le Tableau suivant donne, sur une première ligne, les magnitudes adoptées d'après la loi (1); au-dessous figurent les numéros d'Harvard College des étoiles à la limite de visibilité

m.	N^os^.		
10,25.......	677 (10,5)	923 (10,5)	»
11,0........	513 (11,0)	»	»
11,75.......	427 (11,7)	»	»
12,5........	752 (12,4)	»	»
13,25.......	1039 (13,0)	1052 (13,0)	»
14,0........	647 (13,8)	651 (14,1)	»
14,75.......	496 (14,6)	865 (14,4)	1081 (14,7)
15,5........	958 (15,3)	»	»

OPTIQUE. — *Sur le coefficient de Fresnel.* Note de M. CHARLES-L.-R.-E. MENGES.

Ma Note précédente ([1]) a été prise par erreur comme *confirmation* du coefficient d'*entraînement*. En vérité, mon résultat est tout opposé.

J'ai montré qu'en calculant *correctement* la vitesse V de la lumière dans le corps transparent qui se meut avec la vitesse w dans la direction des rayons lumineux, on obtient la formule qui rend compte des expériences récentes les plus exactes *par simple addition de* V *avec* w.

L'entraînement admis jusqu'ici provient de la valeur *inexacte* $\frac{c}{\mu'}$ que l'on a tout simplement *attribuée* à tort à la vitesse de la lumière dans le corps transparent mobile et qui n'est pas du tout un résultat déterminé par l'expérience de Fizeau. Avec cette valeur j'obtiens la formule de Fresnel. Mais la vitesse réelle de la lumière dans les conditions de l'expérience est

$$V = \frac{c - w}{\mu'_w},$$

avec

$$\mu'_w = \frac{n'}{n}\mu + (n' - n)\frac{d\mu}{dn'} - \frac{n' - n}{n}$$

selon ma formule (12). V est la même vitesse que celle mesurée par une méthode directe, celle de la roue dentée ou du miroir tournant, la méthode étant bien entendu appliquée au corps transparent mobile.

Par habitude, pendant plus d'un siècle, on a continué à employer $\frac{c}{\mu'}$. On a été induit en erreur parce que la vitesse c de la lumière est tellement énorme qu'une différence introduite par une vitesse mécanique w est absolument négligeable dans presque toutes les expériences d'optique même des plus exactes. Mais ce qui est parfaitement admissible en général ne l'est pas pour l'expérience très spéciale qui permet de mesurer l'*effet produit par la vitesse* w. Dans ce cas il est certainement logique de tenir compte de cette vitesse partout où elle existe physiquement. Mon calcul montre alors que le véritable résultat expérimental est : *il n'y a pas entraînement.*

Ce résultat est de haute importance pour la théorie. La théorie qui croit fournir « une déduction théorique du coefficient d'entraînement » dans le sens d'un « entraînement des ondes lumineuses par la matière pondé-

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 574.

rable » (¹), et qui admet que ledit coefficient « ne peut se déduire qu'au moyen d'hypothèses spéciales » (²), et la théorie qui prend l'expérience de Fizeau comme *experimentum crucis* en sa faveur, en particulier pour la formule $\frac{V+w}{1+\frac{Vw}{c^2}}$ qu'elle donne pour la composition des vitesses (Einstein), *ces théories sont donc erronées par essence* d'après mon résultat. Au lieu d'être basées sur un résultat d'expérience, *elles dérivent d'une interprétation erronée de l'expérience.*

MAGNÉTISME. — *Sur un procédé rapide de détermination des éléments du magnétisme terrestre.* Note de M. **A. Perot**, présentée par M. Henri Deslandres.

Le principe de l'appareil que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie pour la détermination rapide des éléments magnétiques en un lieu : déclinaison, inclinaison, force totale, repose sur l'existence de courants d'induction dans une bobine mise en rotation dans le champ terrestre, et sur l'annulation de ces courants par la production, dans la région où tourne la bobine, d'un champ magnétique convenable, opposé au champ terrestre, et dû à deux bobines rectangulaires.

L'instrument comprend une bobine fermée sur elle-même, dont la section droite est un rectangle allongé; elle est enroulée sur un cylindre, les conducteurs étant parallèles aux génératrices et répartis suivant la loi sinusoïdale; la vitesse à laquelle elle peut tourner autour de l'axe du cylindre atteint 200 tours par seconde, elle est en porte à faux et se centre d'elle-même dès que la vitesse est suffisante. Le système d'entraînement se compose d'un train de poulies dont la multiplication est environ 220; quand cette bobine tourne dans le champ terrestre, elle est parcourue par un courant alternatif, la fréquence étant égale au nombre de tours.

Une bobine C enroulée sur un cylindre concentrique, extérieur à celui qui supporte la bobine mobile, est fixée dans un azimut quelconque; entre les extrémités de cette bobine fixe, par réaction de la bobine tournante, prend naissance une force électromotrice de fréquence double de celle du courant de la bobine mobile, ainsi que l'a montré M. Maurice Leblanc

(¹) Lorentz, *Arch. néerlandaises*, t. 25.

(²) Lorentz, *Elektrische und optische Erscheinungen.*

(réaction d'induit des alternateurs). Cette bobine est connectée à un amplificateur 3ter de la Télégraphie militaire; le son obtenu dans le téléphone, quand la bobine centrale tourne, est assourdissant.

La compensation du champ terrestre se fait à l'aide de courants continus envoyés dans deux bobines B_1, B_2 enroulées sur le même cylindre que la bobine C. Le plan de la section droite de B_1 est horizontal, celui de B_2 vertical. La répartition des conducteurs à la surface du cylindre est sinusoïdale pour les deux enroulements. Si un courant i_1 est envoyé dans la bobine B_1, il produit à l'intérieur un champ vertical quasi uniforme et symétrique, normal à la section droite de la bobine. Soit φ_1 le flux d'induction maximum embrassé par la bobine tournante de surface S, on pourra écrire

$$\varphi_1 = sh_1,$$

le flux coupé par la bobine tournante sera presque rigoureusement sinusoïdal, et l'on pourra considérer le courant induit comme dû au champ h_1; il en sera de même pour la bobine B_2, à un courant i_2 correspondra un champ h_2.

Si les courants i_1 et i_2 sont réglés de telle sorte que la résultante des champs h_1 et h_2 soit égale et opposée à la composante du champ terrestre située dans le plan vertical normal aux sections droites des bobines B_1 et B_2, le son sera pratiquement éteint dans le téléphone; si donc on connaît les coefficients de proportionnalité de i_1 à h_1 et de i_2 à h_2, la mesure de i_1 et de i_2 permettra de connaître la valeur et la direction de la composante du champ terrestre.

Pour déterminer les éléments du magnétisme terrestre, il semble le plus commode de déterminer les composantes du champ dans deux plans rectangulaires, et par suite on réglera les intensités des courants de manière à éteindre le son du téléphone pour deux positions rectangulaires de l'appareil. Si i_1, i_2, i'_1, i'_2 sont les intensités trouvées, on devra avoir $i_1 = i'_1$ car la composante verticale est la même dans les deux positions; si h_1, h_2, h'_1, h'_2 sont les champs correspondant aux intensités, on en déduira par un calcul élémentaire la force totale et l'inclinaison; il suffira de repérer les plans de mesure relativement au méridien géographique pour avoir la déclinaison vraie.

Le tarage de l'appareil, c'est-à-dire la détermination de l'angle que font entre elles les bobines B_1 et B_2 et des coefficients qui lient les champs h_1 et h_2 aux intensités i_1 et i_2, a été fait de la manière suivante : On a construit suivant le dispositif d'Helmholtz, deux bobines circulaires identiques de

120^{cm} de diamètre, de 1^{cm} de hauteur et $0^{cm},9$ d'épaisseur; les bobines étant placées de telle sorte que leur distance moyenne soit leur rayon et leurs axes étant en coïncidence, le champ H dû à un courant I qui les traverse est uniforme sur une très grande étendue et peut être calculé. On avait

$$H = 1{,}361\ i \text{ (ampères)}.$$

L'appareil à tarer a été placé au centre du système des deux bobines fixes, l'axe du cylindre qui porte les bobines B_1 et B_2 étant perpendiculaire à l'axe des bobines d'Helmholtz; on a ouvert le circuit de la bobine mobile et l'on en a relié les extrémités à un amplificateur 3ter. Si on lance du courant alternatif dans les bobines d'Helmholtz, on entend dans le téléphone un son dont l'intensité dépend de l'orientation de la bobine mobile, en faisant tourner celle-ci on peut obtenir le silence; cette position est déterminée à une ou deux minutes près. En lançant ensuite le courant dans la bobine B_1 dont le champ h_1 est voisin d'être perpendiculaire à celui des bobines d'Helmholtz, on éteindra le son du téléphone en tournant la bobine réceptrice d'un angle α voisin de 90°. On répète l'opération en couplant en série la bobine B_1 et les bobines d'Helmholtz de façon à obtenir les résultantes $H + h_1$ et $H - h_1$ qui correspondent aux angles d'extinction β et γ. On peut alors construire deux triangles dont les côtés sont proportionnels à H, h_1, $H + h_1$ et H, h_1, $H - h_1$ dont les angles sont connus. On en tirera deux valeurs du rapport $\frac{h_1}{H}$ qui doivent être identiques, d'où le coefficient cherché.

En opérant de même sur les bobines B_1 et B_2, on déterminera le coefficient relatif à B_2.

Les mesures d'angle ont été faites en liant un nicol à la bobine tournante et déterminant avec un analyseur à pénombres les angles des plans de polarisation. La détermination se fait à la minute près.

Au total, je pense que l'approximation du millième dans la mesure des éléments du magnétisme terrestre peut être atteinte sans difficultés, par une mesure seule, l'opération proprement dite durant une dizaine de minutes et sans fatigue pour l'opérateur, puisqu'il n'a à mesurer que quatre intensités de courant (la méthode potentiométrique devra être employée). La précision pourra être beaucoup plus grande si l'on répète la mesure. Avec un appareil d'études et de simples milliampèremètres j'ai obtenu, à Meudon, dans l'intérieur d'un bâtiment où se trouvent des poutres de fer, les valeurs suivantes :

Inclinaison $= 63^\circ 57'$, Force totale $= 0{,}455$ C.G.S;

à Paris, dans le laboratoire, où le champ varie constamment, la boussole d'inclinaison m'a donné 64°47′, l'appareil 64°50′.

La méthode a l'avantage de ne pas comporter d'appareil à contacts glissants, de doubler la fréquence du courant induit par le champ terrestre et, par suite, de rendre le son très audible, et enfin de donner des résultats peu altérés par les masses de fer voisines de l'appareil, parce que celles-ci ne sont pas influencées par le magnétisme d'un barreau aimanté.

La méthode de mesure que je viens de décrire est particulièrement destinée aux explorateurs déjà munis d'appareils de T. S. F. auxquels elle pourra rendre service par sa rapidité.

GRAVITATION ET MAGNÉTISME. — *Calcul du moment magnétique d'un astre à partir de son moment d'inertie axial, de sa durée de rotation sidérale et de la constante universelle de la gravitation.* Note de M. **L. Décombe**, présentée par M. Daniel Berthelot.

1. On a depuis longtemps essayé d'attribuer le magnétisme terrestre à la rotation de notre globe. Swann a particulièrement analysé ce point de vue, mais d'une manière purement hypothétique et sans l'appuyer d'aucune vérification ([1]). D'autre part, l'astronome Hale a récemment entrepris, au même point de vue, l'étude expérimentale du magnétisme solaire, mais ce travail n'a donné lieu jusqu'à présent à aucune conclusion définitive. L'existence d'un champ magnétique solaire, analogue au champ terrestre, a été vérifiée dans ses moindres détails par H. Deslandres ([2]). Le calcul suivant qui rattache le magnétisme de rotation à la gravitation universelle est susceptible d'un contrôle numérique remarquable.

2. Dans notre théorie de la gravitation ([3]) la force gravifique est identifiée avec un résidu d'action électrodynamique subsistant, aux grandes distances, entre deux atomes quelconques. Si, comme il est probable, le phénomène électrodynamique résulte lui-même d'une modification de l'action électrostatique provoquée par le mouvement des particules électrisées, la gravita-

---

([1]) Swann, *Le champ magnétique terrestre* (*Phil. Mag.*, t. 24, 1912, p. 80).

([2]) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1573.

([3]) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 940 et 1222. La forme première de cette théorie est susceptible de généralisations évidentes.

tion serait, au total, attribuable à une véritable action électrostatique résiduelle.

Essayons de développer ce point de vue en attribuant globalement cette action résiduelle à des charges électriques *fictives* e et e' portées par les deux atomes de masses m et m'. On aura à écrire :

$$\frac{ee'}{r^2} = \varphi \frac{mm'}{r^2}, \tag{1}$$

ce qui exige, en général,

$$e = m\sqrt{\varphi}, \tag{2}$$

e étant exprimée en unités électrostatiques et φ désignant la constante universelle de Newton. Bien entendu, il faut admettre que l'action des charges fictives e et e' est attractive, ce que l'on peut faire en considérant comme positive la charge attirante et comme négative la charge attirée, ou réciproquement.

Tous les éléments de volume d'une planète peuvent alors être considérés comme possédant une charge électrique fictive. Si ces charges se comportent comme de véritables charges électrostatiques on doit admettre :

1° Que, la planète étant supposée douée de pouvoir diélectrique, les charges fictives précédentes y induisent des charges supplémentaires qui modifient la distribution;

2° Que la charge totale E de la planète agit par induction sur l'air atmosphérique en faisant apparaître une charge $-$E à la surface du sol et renvoyant aux confins de l'atmosphère une charge $+$E;

3° Que la rotation de toutes ces charges autour de l'axe de la planète donne lieu à un champ magnétique qu'il est aisé de calculer.

La partie du champ due aux charges rejetées aux confins de l'atmosphère varie en raison inverse de leur distance au centre de la Terre. En première approximation on supposera cette distance assez grande pour que l'action magnétique correspondante puisse être négligée. La Terre étant alors supposée homogène on trouve que le champ magnétique à sa surface est identique à celui qui serait dû à un aimant *infiniment petit* dirigé suivant la ligne des pôles et de moment magnétique donné en unités électromagnétiques par la formule

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{3} I \frac{\omega}{c} \sqrt{\varphi} \frac{1}{K}, \tag{1}$$

où I représente le moment d'inertie de la planète par rapport à la ligne des pôles, ω sa vitesse angulaire de rotation sidérale, φ la constante universelle

de Newton, K le pouvoir inducteur spécifique de la planète et enfin c la vitesse de la lumière ([1]).

3. Si l'on applique la formule précédente à la Terre en faisant d'abord $K = 1$ on trouve $\mathfrak{M} = 20,3 \times 10^{25}$ unités C. G. S., quantité légèrement supérieure au double de la valeur expérimentale $(8,52 \times 10^{25})$. *Il suffit donc pour obtenir une concordance parfaite d'attribuer au pouvoir inducteur spécifique de la Terre une valeur moyenne égale environ à 2,4.*

En réalité la valeur expérimentale $(8,52 \times 10^{25})$ admise pour le moment magnétique de la Terre se rapporte à un aimant hypothétique, de *dimensions finies*, calculé de manière à tenir compte globalement des nombreuses irrégularités de distribution du magnétisme terrestre (attribuables dans notre théorie à la structure hétérogène du Globe) alors que la formule (1) a été établie en supposant la Terre parfaitement homogène. D'autre part le champ terrestre est soumis à diverses fluctuations qui ne relèvent pas nécessairement de la rotation de la Terre à laquelle on ne peut donc attribuer *a priori* qu'une partie, vraisemblablement la plus importante, mais non pas peut-être la seule du magnétisme terrestre.

Enfin il y aurait lieu de tenir compte de l'action de la charge $-E$ rejetée aux confins de l'atmosphère, ce qui complique un peu les formules sans toutefois changer l'ordre de grandeur du résultat.

4. Si l'on applique la formule (1) au Soleil en faisant $K = 1$, on trouve pour le moment magnétique de cet astre la valeur 31×10^{33} unités C.G.S. Or à cette valeur correspond pour l'intensité du champ magnétique au pôle une valeur d'environ 185 gauss, tandis que les expériences de Hale concluent à une valeur comprise entre 10 et 55 gauss, suivant l'altitude de la couche étudiée. La possibilité d'attribuer à K une valeur de quelques unités rend cette vérification très remarquable, surtout si l'on a égard aux causes accessoires de magnétisme qui peuvent jouer dans le Soleil un rôle très important.

5. En tout état de cause, la formule (1) établit une relation générale entre le magnétisme solaire ou planétaire et la constante de gravitation. (On remarquera que le produit $I\omega$ représente le moment de la quantité de mouvement de rotation.)

Le Tableau suivant contient la valeur du moment magnétique des

---

([1]) On pourrait envisager pour la Terre une certaine perméabilité magnétique μ, ce qui introduirait dans la formule (1) le facteur $\frac{3\mu}{\mu + 2}$. Mais la valeur moyenne de μ pour la Terre ne paraît pouvoir donner à ce facteur qu'une faible influence.

planètes dont la durée de révolution est connue, calculée par la formule (1) dans l'hypothèse $K = 1$, le moment magnétique de la Terre étant pris pour unité :

Terre	1	Mars	3.10^{-2}
Soleil	15.10^{7}	Jupiter	957.10^{2}
Lune	33.10^{-6}	Saturne	197.10^{2}

Une étude complète de la question comprenant une discussion approfondie paraîtra dans un Mémoire séparé.

OPTIQUE. — *Polarisation et intensité de la lumière diffusée par les liquides transparents.* Note [1] de M. J. **Cabannes**, présentée par M. Brillouin.

En 1910 Einstein [2] a cherché à établir une théorie de la diffusion de la lumière par les fluides sans faire intervenir individuellement les molécules. Voici les deux résultats fondamentaux d'Einstein :

1° La lumière diffusée à 90° du faisceau primaire est totalement polarisée;

2° Le nombre qui mesure l'intensité lumineuse diffusée latéralement par 1^{cm^3} du fluide a pour expression, lorsque l'éclairement d'un plan normal au faisceau primaire est égal à l'unité,

$$I = \frac{\pi^2}{9\lambda^4}(\mu^2 - 1)^2(\mu^2 + 2)^2\,\overline{\varphi^2};$$

λ représente la longueur d'onde dans le vide, évaluée en centimètres; μ, l'indice de réfraction du fluide; $\overline{\varphi^2}$, le carré moyen de la fluctuation de densité dans l'unité de volume. On suppose la vibration lumineuse excitatrice normale au plan des deux rayons incident et diffusé.

L'expérience n'a pas confirmé ces conclusions [3] :

1° La polarisation n'est que partielle;

2° La mesure au laboratoire de l'intensité diffusée donne un résultat

(1) Séance du 6 novembre 1922.

(2) Einstein, *Ann. der Phys.*, t. 33, 1910, p. 1275.

(3) R.-J. Strutt, *Proc. Roy. Soc.*, t. 95, 1918, p. 155; J. Cabannes, *Journ. de Phys.*, t. 1, 1920, p. 129, et *Ann. de Phys.*, t. 15, 1921, p. 5; Martin, *Journ. Phys. Chem.*, t. 24, 1920, p. 478, et t. 26, 1922, p. 75 et 471.

supérieur à la valeur théorique I, avec un écart d'autant plus grand que le faisceau secondaire est moins complètement polarisé.

On explique cet écart, dans le cas des gaz, en faisant intervenir l'anisotropie des molécules. Avec les liquides cette interprétation ne suffit plus : la polarisation diminue beaucoup lorsqu'on passe de la vapeur au liquide sans que la molécule se modifie sensiblement. Il y a donc lieu de revoir la question du point de vue théorique.

Par suite de l'agitation thermique, l'amplitude et la direction de la force électrique, en un point O pris au sein de la masse éclairée, varient constamment avec la position des molécules polarisées voisines de ce point. Les électrons d'une molécule O ne se déplacent donc pas parallèlement à la vibration lumineuse incidente. Soient (ξ, η, ζ) les composantes du déplacement : l'une, parallèle au faisceau primaire; l'autre, au faisceau diffusé; la troisième, normale au plan des deux faisceaux. Les valeurs moyennes de ξ et η sont nulles, mais il n'en va pas de même des carrés moyens $\overline{\xi^2}$ et $\overline{\eta^2}$, et l'on a, en particulier, $\dfrac{\overline{\xi^2}}{\overline{\zeta^2}} \neq 0$.

Ainsi, *lorsque le fluide est assez dense pour qu'interviennent les actions mutuelles des molécules, la lumière diffusée latéralement n'est jamais totalement polarisée, même dans le cas de molécules isotropes.*

Considérons dans le faisceau diffusé le rapport $\dfrac{\overline{\xi^2}}{\overline{\zeta^2}}$ entre les intensités relatives aux vibrations produites respectivement par les déplacements ξ et ζ. Soient L et V les valeurs de ce rapport pour le liquide et sa vapeur : V ne dépend que de l'anisotropie des molécules, mais L dépend, en outre, du nombre des électrons mobiles et de l'amplitude de leur déplacement.

Pour obtenir des résultats quantitatifs on peut admettre que la molécule a la symétrie d'un ellipsoïde à trois axes inégaux; le calcul donne alors L en fonction de V et de la réfraction moléculaire R :

$$\frac{(L-V)(3-4V)}{(7L+3)(1+2V)} = \frac{9R^2}{20\pi}\,\frac{\delta}{M}\,\frac{1}{N d^3}$$

(δ = densité du fluide; M = masse moléculaire; N = nombre d'Avogadro).

La seule grandeur d qui ne soit pas directement accessible à l'expérience désigne le plus petit diamètre de la molécule; la formule précédente permet de l'évaluer. On obtient, pour la molécule d'éther, $d = 2{,}9.10^{-8}$ cm; pour les molécules de benzène et de sulfure de carbone, $d = 2{,}2.10^{-8}$ cm [1]. La théorie se vérifie bien.

---

[1] La formule montre, en outre (et j'ai pu le vérifier dans le cas des liquides très dispersifs C^6H^6 et CS^2), que la polarisation croît avec la longueur d'onde.

On peut aussi calculer en fonction de L et de V l'intensité I de la lumière diffusée, et l'on aboutit à l'expression

$$I = \overbrace{\frac{\pi^2}{9\lambda^4}(\mu^2-1)^2(\mu^2+2)^2\overline{\varphi^2}}^{E.}\;\overbrace{\frac{3[1-7\lambda(1+V)](1+L)}{(3-4V)(1-10\lambda)\left[1-\lambda\dfrac{1-V}{1+2V}\right]}}^{A.},$$

dans laquelle

$$\lambda = \frac{L-V}{3+7L}.$$

Le facteur A, qui n'apparaît pas dans la théorie d'Einstein, varie de 1,26 (pour $L=0,1$; $V=0$) à 6,21 (pour $L=0,7$; $V=0$).

Le Tableau suivant montre le bon accord entre l'expérience et la théorie qui vient d'être ébauchée :

	L.	Intensité diffusée calculée d'après Einstein.	Intensité diffusée calculée d'après la formule corrigée.	Intensité diffusée mesurée par Martin et Lehrman.
$C^2H^5-O-C^2H^5$....	0,05	7,56	9,37	9,2
CH^3-OH...........	0,037	3,39	3,93	4,96
C^2H^5-OH..........	0,040	4,78	5,64	5,20
C^6H^6...............	0,32	10,65	32,2	26,0
C^6H^5-OH..........	0,32	9,35	28,3	29,6

Pour permettre la comparaison avec les résultats expérimentaux, j'ai supposé dans ce Tableau le liquide éclairé en lumière naturelle. L'intensité diffusée a pour valeur

$$I_n = \frac{I}{2}\,\frac{1+3L}{1+L}.$$

L'inexactitude de la théorie primitive vient de ce qu'Einstein assimile les fluides à des milieux continus dont les propriétés (densité et constante diélectrique) varieraient lentement d'un point à un autre. La dépolarisation de la lumière diffusée par les liquides est donc une preuve nouvelle de la discontinuité de la matière.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Recherches sur la série des rayons X.* Note de M. **Elis Hjalmar**, présentée par M. Brillouin.

La série M a déjà été étudiée par Stenström et Karcher [1]. Selon ces mesures, il semble que cette série se compose principalement de trois raies, que Stenström nomme α, β et γ. Mais d'après ce que l'on sait maintenant sur l'arrangement des atomes, au moins sur celui des substances les plus lourdes, on s'attendrait à bien plus de raies. Suivant le principe de combinaison [2], treize transports différents d'électrons des niveaux N aux niveaux M sont possibles, et, par conséquent, autant de raies. De plus, il faut ajouter les raies qui correspondent aux transports depuis les niveaux O et P. J'ai analysé les spectres de la série M pour découvrir, si faire se peut, ces raies d'intensité faible.

La recherche a été faite à l'Institut de Physique de Lund avec le spectrographe le plus récent [3]. Le résultat préliminaire ressort du Tableau I, tableau sommaire des longueurs d'onde des raies. La désignation des raies indique en même temps leur origine. Quant aux raies de Stenström, j'en ai conservé les désignations déjà mentionnées.

Tableau I. — $\lambda . 10^{-8}$ cm.

Élément.	M_5P_1.	M_5O_3.	M_4O_2.	—	—	M_5N_5.	—	M_4N_4.	M_5N_6.	M_3O_1.	M_3O_5.	M_4N_7.
74 W.........												
76 Os.........						4,779		4,949				5,802
77 Ir.........						4,548	4,619	4,768				
78 Pt.........						4,407	4,462					
79 Au.........						4,230	4,286					
81 Tl.........						3,932	3,984	4,095				
82 Pb.........						3,789		3,945				4,646
83 Bi.........				3,547	3,587	3,672		3,816	3,884			
90 Th.........		2,441		2,819	2,855	2,917		2,999	3,127	3,109	3,276	3,530
92 U.........	2,248	2,299	2,439	2,673	2,709	2,750		2,815	2,909	2,927	3,107	3,321

(1) Stenström, *Ann. der Phys.*, t. 57, 1918, p. 377. *Diss. Lund.*, 1919. — Karcher, *Phys. Rev.*, t. 5, 1920, p. 285.

(2) Coster, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 6, 1921, p. 185. — Smekal, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 5, 1921, p. 91. — Wentzel, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 6, 1921, p. 84. — Dauvillier, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1350; t. 173, 1921, p. 35 et 647. — Sommerfeld et Wentzel, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 7, 1921, p. 86.

(3) Siegbahn, *Zeitschr. f. Phys.*, t. 9, 1922, p. 68.

Tableau I (suite). — $\lambda . 10^{-8}$ cm.

Élément.	γ'.	γ''.	γ.	M_1P_1.	M_2O_4.	β'.	β''.	β'''.	β.	α^s.	α.	α_2.	M_3N_1.	M_1N_5.
74W........	6,066		6,085			6,726			6,745	6,951	6,973			
76Os........	5,652		5,672			6,233			6,256	6,459	6,481		6,882	
77Ir........			5,484			6,011			6,030	6,223	6,250		6,663	8,012
78Pt........			5,303			5,797			5,820	6,026	6,041			
79Au.......			5,131						5,619	5,812	5,831		6,264	
81Tl........	4,798		4,806		5,185	5,210			5,238	5,427	5,443		5,897	
82Pb.......			4,666	4,994	5,010	5,054			5,069	5,245	5,270		5,687	6,727
83Bi........			4,513		4,815	4,874			4,894	5,078	5,107	5,117	5,525	6,498
90Th.......	3,645		3,657	3,753	3,792	3,921	3,925		3,931	4,097	4,129	4,138	4,569	5,245
92U........	3,459	3,466	3,472	3,514	3,570	3,684	3,696	3,700	3,709		3,901	3,912	4,326	4,929

Il ressort de ce Tableau qu'il n'y a que trois de toutes les raies théoriques qui se détachent, à savoir M_2N_5, M_2N_6 et M_3N_4. Néanmoins il est évident que le principe de combinaison est valable aussi à l'égard de la série M. D'après des recherches sur de l'uranium, qui a été examiné en détail sous ce rapport, il n'existe pas de raies « prohibées ». Pour ce qui concerne les raies M-O, cependant, il paraît nécessaire d'apporter cette restriction : il faut *changer* le nombre de quanta d'une unité. A M-N s'applique donc la règle plus étendue ($n =$ le nombre de quanta)

$$n \rightleftharpoons \begin{cases} n \\ n+1 \end{cases} \quad a \rightleftharpoons b;$$

à M-O, au contraire,

$$n \rightleftharpoons n+1, \qquad a \rightleftharpoons b.$$

Cette recherche a une grande portée théorique. D'abord on peut reconnaître la composition du niveau O. J'ai trouvé qu'il consiste en cinq anneaux (voir Tableau II). De plus, on peut calculer les quantités d'énergie des niveaux respectifs N et O. Les raies se rencontrent, comme on le voit, en grand nombre dans l'urauium et dans le thorium, mais diminuent en nombre dans les substances légères. Le Tableau II, qui contient la valeur de $\frac{V}{R}$ pour les anneaux N et O, dont les raies M observées tirent leur origine, est donc incomplet.

Tableau II. — $\frac{V}{R}$.

Niveau.	92 U.	90 Th.	83 Bi.	82 Pb.	81 Tl.	79 Au.	78 Pt.	74 N.
O_1.....	6,0	4,9						
O_2.....	7,4							
O_3.....	11,9	8,2						
O_4.....	18,2	16,2	9,4	7,7	8,1			
O_5.....	23,9	19,8						
N_1.....	27,4	24,1	11,8	9,1	8,3	5,8	4,9	1,8
N_2.....	28,0	24,7	12,4	9,8	9,7	6,2	4,9	1,9
N_3.....	54,7	48,8	32,1	29,6	28,2	24,8	16,5	16,9
N_4.....	57,3	50,9	34,8	30,2	29,9			
N_5.....	76,5	71,2	50,2	46,4	40,5	36,6	35,8	
N_6.....	95,1	88,0	60,1					
N_7.....	156,6	98,6	69,1	64,7	62,8	56,9		

Dans le Tableau I il y a quelques raies qui ne se laissent pas ranger dans le schème de niveaux. Les satellites qui accompagnent α, β et γ sont particulièrement intéressants. Ils sont indiqués par α', β', ... Je suis porté à considérer ces raies comme des lignes d'étincelle [1]. D'abord, j'employais du sucre et du gypse comme réseau; je trouvai que les raies α, β et γ étaient accompagnées d'une bande d'émission, dans laquelle se trouvait une telle ligne d'étincelle. Alors je présumai que cette bande d'émission consistait en plusieurs raies, situées les unes près des autres. Une expérience subséquente, où j'employais comme réseau la calcite, qui a une dispersion plus grande, prouva la vérité de cette supposition. J'examinai les raies γ de l'uranium et du thorium et la raie β de la dernière substance, et alors je trouvai deux ou trois composantes, situées les unes tout près des autres. L'existence de cette multiplicité de composantes a été confirmée par des recherches sur des substances encore plus légères, par exemple 71 Gp.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un four à résistance de molybdène dans le vide.* Note de M. **P. Fleury**, présentée par M. Villard.

Pour réaliser, dans une enceinte d'assez grand volume (cylindre de plusieurs centimètres de diamètre et plusieurs décimètres de haut), une température dépassant 1700° C., on peut utiliser un four constitué par une spirale

---

(1) Wentzel, *Ann. d. Phys.*, t. 66, 1921, p. 437.

de tungstène ou de molybdène enroulée sur un support isolant très réfractaire, et parcourue dans le vide par un courant électrique convenable [1].

Après de nombreux essais, on a pu obtenir des températures très élevées (atteignant le point de fusion de l'alundum), en même temps qu'une vie assez longue du four, en réalisant les conditions suivantes :

1° La spirale est constituée par du fil de gros diamètre (jusqu'à $1^{mm},2$), — en molybdène —. Ce métal est plus fusible et plus volatil que le tungstène, mais il a l'avantage d'être moins fragile (il se laisse enrouler beaucoup plus aisément, et ne subit pas au premier chauffage, comme le tungstène dont nous disposions, un fort retrait pouvant provoquer la rupture du fil); il est aussi moins coûteux.

2° Les spires sont très resserrées, de façon à éviter une trop grande surchauffe du fil : la spirale est par exemple enroulée sur un tube en alundum, rainé au pas de $2^{mm},8$. Elle est enrobée dans du ciment d'alundum, ce qui ralentit l'usure du métal. Le tube chauffant est entouré d'un second tube, pour diminuer la puissance rayonnée; les deux tubes sont munis de fonds et de couvercles, et placés sur des supports disposés de façon à réduire les pertes de chaleur. Ces diverses pièces sont en alundum.

3° Le vide doit être fait très soigneusement. Le four et ses supports sont placés dans une grande cloche en acier (24^{cm} de diamètre intérieur, 35^{cm} de haut) reposant sur une plaque d'acier traversée par des prises de courant isolées et par un tube de communication avec la pompe (pompe rotative à mercure ou pompe double à huile à grand débit, donnant un vide de quelques millièmes de millimètre de mercure. Une ampoule à anhydride phosphorique assure le dessèchement). Au haut de la cloche est un regard en verre. Tous les joints sont assurés par du caoutchouc (feuille anglaise) un peu comprimé : dans la cloche vide fermée, l'augmentation de pression due aux rentrées d'air peut être rendue très inférieure à 1^{μ} par heure. La cloche est refroidie extérieurement par une circulation d'eau.

Lorsqu'on chauffe dans le vide l'alundum à une température à laquelle il n'a pas encore été porté, il dégage des gaz susceptibles d'altérer le molybdène; pour que cette altération soit faible, il faut élever la température très progressivement (la pompe étant en fonctionnement permanent), de façon que la pression ne dépasse jamais 50^{μ}, par exemple. Dans ces conditions, il faut en général plusieurs jours de chauffage pour atteindre pour la première fois 1500° (les chauffages ultérieurs peuvent être beaucoup plus rapides).

Le tube chauffant étant disposé verticalement, et les couvercles percés de trous convenables, on peut mesurer la température en visant, à l'aide d'un pyromètre optique de Wanner (par exemple), un diaphragme placé au centre du four.

---

(1) Des fours à spirale de tungstène ou molybdène ont été décrits antérieurement par Winne et Dansitzen, ainsi que par Newbury et Pring. Nous savons d'autre part que M. Jolibois a réalisé tout récemment de petits fours à spirale de tungstène dans le vide.

Des fours construits et employés avec les précautions que nous venons d'indiquer, et ayant, par exemple, 4^{cm} de diamètre intérieur et 14^{cm} de haut, ont pu être maintenus plusieurs heures vers 1650°, en consommant 2100 watts environ (28 ampères, 75 volts), puis une demi-heure vers 1700° (avec 2300 watts).

La puissance ayant ensuite été augmentée (2600 watts), le pyromètre indiqua 1750°, mais le tube rainé en alundum s'effondra (par fusion), ainsi d'ailleurs que des pots en alundum placés à l'intérieur. (Un petit fil de platine mis dans un de ces pots n'a pas fondu franchement.)

Ces fours sont donc utilisables jusqu'au point de fusion de l'alundum. La spirale de molybdène n'ayant pas été détruite par ce chauffage, on pourra sans doute atteindre des températures supérieures en utilisant des supports plus réfractaires (en magnésie « fondue » ou en zircone fondue).

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres d'absorption ultraviolets de la pyridine et de l'isoquinoléine.* Note [1] de MM. **H. Fischer** et **P. Steiner**, présentée par M. G. Urbain.

On n'a décrit jusqu'à présent, pour la pyridine, qu'une seule bande d'absorption large dans l'ultraviolet, avec maximum pour $\lambda = 2530$ Å environ [Hartley (1885), Backer et Baly (1907), Hantzsch (1911), Baly et Tryhorn (1915), Hermann (1919)].

Pour l'isoquinoléine, Ley et Engelhardt (1910) trouvent deux bandes pour $\lambda = 3195$ et 2645 Å environ $\left(\frac{1}{\lambda} = 31300 \text{ et } 37800 \text{ cm}^{-1}\right)$.

Nous avons établi, d'après la méthode de V. Henri, les courbes d'absorption quantitatives de ces deux substances en solution dans l'hexane, l'éther et l'alcool; de plus, pour la pyridine, dans le CCl^4 et dans l'eau. Nous avons trouvé pour la pyridine six bandes, et pour l'isoquinoléine dix bandes d'absorption dont les positions, les fréquences et les coefficients d'absorption moléculaire ε (définis par $I = I_0 . 10^{-\varepsilon c \vartheta}$) sont :

(1) Séance du 6 novembre 1922.

Pyridine.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm^{-1}.	ε.
2885 Å.	34662	160
2841...	35199	270
2794...	35791	350
2764...	36197	540
2723...	36720	640
2527...	39572	1630
(minimum) 2137...	46794	120

Isoquinoléine.

λ.	$\frac{1}{\lambda}$ cm^{-1}.	ε.
3167 Å.	31575	3200
3126...	31989	2800
3094...	32320	2500
3065...	32626	2100
3037...	32927	3200
2980...	33557	2400
2911...	34352	2400
2845...	35149	2400
2640...	37878	4000
(minimum) 2412...	41459	2400
2157...	46360	54000

La figure ci-après représente les courbes d'absorption de la pyridine et de l'isoquinoléine en solution dans l'hexane, et par comparaison celles du benzène et du naphtalène dans le même solvant décrites récemment par V. Henri et l'un de nous ([1]). En abscisses sont portées les fréquences et en ordonnées les logarithmes des coefficients d'absorption ε.

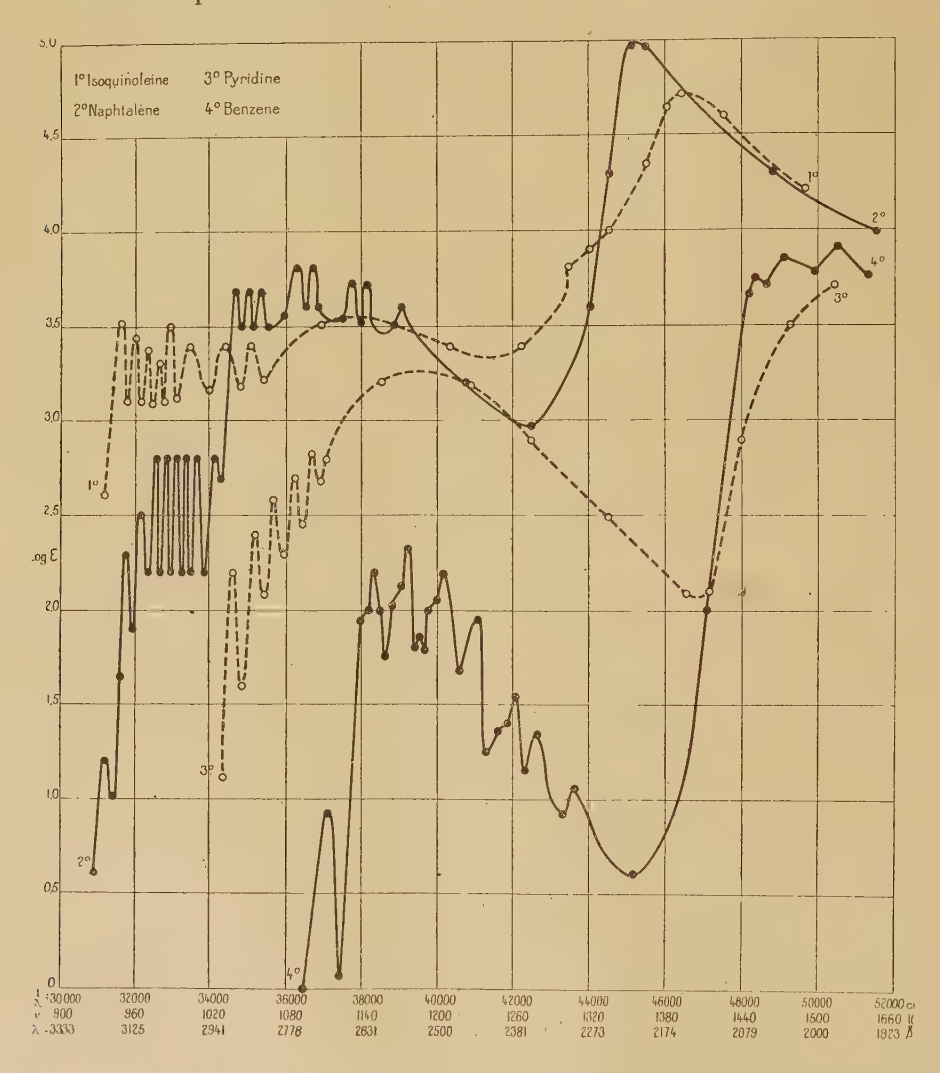
Résultats. — 1. Pour la pyridine, les bandes correspondant à celles du benzène sont fusionnées en une large bande d'intensité environ 10 fois plus grande, et il apparaît une série de cinq nouvelles bandes étroites du côté des grandes longueurs d'onde.

La courbe de l'isoquinoléine ressemble à celle du naphtalène déplacée d'environ 100 Å vers les petites longueurs d'onde et dans la série des bandes situées entre $\lambda = 2881$ et $\lambda = 2536$ Å serait aussi fusionnée en une seule bande large. Les deux corps ont une série de bandes fines du côté du rouge qui, dans le cas de l'isoquinoléine, sont d'une intensité environ 5 fois plus grande.

2. Les courbes de la pyridine et de l'isoquinoléine présentent entre elles certaines ressemblances générales : une série de bandes étroites du côté du rouge suivies d'une large bande dans l'ultraviolet moyen et une bande très intense dans l'ultraviolet extrême dont nous n'avons pu déterminer le maximum que pour l'isoquinoléine. La courbe de l'isoquinoléine est déplacée vers le rouge d'environ 80-100 Å par rapport à la pyridine.

([1]) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 421.

3. Les cinq premières bandes de la pyridine, nettes dans la solution hexanique, sont très peu distinctes dans l'éther et le CCl^4, et disparaissent complètement dans l'alcool et l'eau. Dans ces deux derniers solvants, la courbe est nettement déplacée vers l'ultraviolet extrême.



La solution éthérée d'isoquinoléine donne un spectre presque identique à celui de la solution hexanique ; la solution alcoolique permet de retrouver toutes les bandes, mais plus floues et nettement déplacées vers le rouge.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'oxygène dans les aciers.* Note de MM. **Georges Chaudron** et **Louis Blanc**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

La méthode de Ledebur [1] pour doser l'oxygène dans les aciers consiste à chauffer le métal dans un courant d'hydrogène et à peser la quantité d'eau produite, qui est recueillie par passage du gaz dans un tube en U contenant de l'anhydride phosphorique. Il est nécessaire, pour la réduction totale de l'oxyde de fer, d'opérer à une température dépassant 1200°.

Oberhoffer [2] a proposé d'opérer dans un tube en quartz, mais le dispositif a une durée trop limitée. Oberhoffer et V. Keil [3] indiquent d'ajouter au métal un alliage cuivre-étain-antimoine, permettant une réduction totale à 1150°, non seulement de l'oxyde de fer, mais encore de l'oxyde de manganèse et de la silice; on sait en effet que, dans la métallurgie de l'acier, on réduit en fin d'opération par des additions de manganèse et de silicium le métal oxydé au cours de l'affinage [4]; il y a donc dans le métal désoxyd une certaine quantité de protoxyde de fer, d'oxyde de manganèse et de silice.

Nous nous sommes proposé d'étudier ce dosage en opérant avec addition ou sans addition d'un alliage.

Nous avons opéré de la manière suivante :

De l'hydrogène électrolytique passe dans un tube en porcelaine chauffé à 800° sur une longueur de 20^{cm} et rempli de mousse de platine, le gaz traverse une série de tubes contenant les uns de l'anhydride phosphorique, les autres du sodium en fil. Le volume des tubes est tel que le gaz reste plus d'une heure au contact des substances desséchantes; le gaz sec arrive dans un tube en porcelaine où se trouve la nacelle contenant 10^{g} de limaille de l'acier à essayer. Le tube est fermé par des capuchons rodés en verre. L'hydrogène passe ensuite dans un tube taré contenant de l'anhydride phosphorique.

L'opération durait 5 heures, la température du four électrique arrivait en 3 heures à 1000° et restait 1 heure à une température comprise entre 1175° et 1200°.

Sur la pesée de l'eau on peut faire une erreur de $0^{mg},5$, ce qui fait une erreur relative importante, les quantités à peser étant de l'ordre de 5^{mg}.

---

(1) *St. u. Eisen*, février 1918, p. 105.

(2) *St. u. Eisen*, 5 mai 1921, p. 605-611.

(3) *St. u. Eisen*, octobre 1921, p. 1449.

(4) H. Le Chatelier, *La réduction de l'oxyde de fer* (*Revue de Métallurgie*, 1912, p. 512).

Si l'on opère à blanc, on constate, quelles que soient les précautions prises, une augmentation du poids du tube en U qui peut être de 1^{mg} à l'heure en chauffant un tube en porcelaine neuf et une nacelle neuve à 1100°; ensuite, dans les opérations ultérieures, on a toujours une augmentation de 0^{mg},1 à 0^{mg},2 à l'heure, ce qui entraîne une correction qui peut être erronée de 0^{mg},5 pour une opération durant 5 heures; il est à remarquer qu'il est nécessaire d'effectuer fréquemment cette vérification pour s'assurer de la pureté de l'hydrogène.

Une partie de l'oxygène est susceptible d'échapper au dosage sous forme d'oxyde de carbone, nous avons fait la vérification pour plusieurs aciers, en particulier un acier contenant 0,3 pour 100 de carbone et 0,4 pour 100 de FeO, en faisant passer l'hydrogène sec et débarrassé de H^2S sur l'anhydride iodique chauffé à 130°, nous n'avons pas constaté des quantités appréciables d'iode mis en liberté.

La température finale de réduction a une grande importance; en effet, si l'on réduit à 900°, même pendant 24 heures, on retire, en portant ensuite la température à 1100°, de 0,02 à 0,03 pour 100 d'oxygène et, entre 1100° et 1200°, encore 0,01 pour 100.

Dans le Tableau suivant, nous résumons nos mesures :

Nos.	Nature des traitements.	C.	Mn.	Si.	FeO.	Observations.
	Aciers d'une même opération Thomas.					
1.	Sursoufflé	0,06	0,24	0,02	0,48	avec H^2 seul
					0,56	
2.	Décarburé	0,11	0,38	0,02	0,31	avec H^2 seul
					0,28	avec alliage (Cu Sb), 10^g
3.	Désoxydé	0,14	0,27	0,03	0,28	avec H^2 seul
					0,24	
	Aciers d'une opération Thomas.					
4.	Sursoufflé	0,07	0	0,01	0,8	avec H^2 seul
5.	Désoxydé	0,14	0,71	0,17	0,24	avec alliage (Cu Sn Sb)
					0,22	avec H^2 seul
					0,18	
6.	Métal final	0,23	0,58	0,24	0,22	avec alliage (Sb Cu)
					0,20	avec H^2 seul
	Aciers au four électrique.					
7.	Acier suroxydé	0,05	»	»	0,64	avec H^2 seul
8.	Période de décrassage	0,17	0,5	0,03	0,44	avec H^2 seul
9.	Période réductrice	0,24	0,69	0,21	0,20	avec alliage (Cu Sn)
10.	Éprouvette finale	0,23	0,6	0,28	0,18	avec alliage (Sb Cu)
					0,21	avec H^2 seul

Dans ces expériences nous pouvons voir que les réductions avec alliage donnent les mêmes résultats que par l'emploi de l'hydrogène seul.

D'autre part il résulte de nos expériences de réduction de mélanges fondus de fer et d'oxyde de manganèse, et de fer et de silice, que la méthode de l'alliage ne permet pas de réduire l'oxyde de manganèse dans des proportions supérieures à 2MnO pour 1000 d'alliage [1]. Pour le mélange fondu de silice et de fer la réduction ne peut être indiquée avec certitude, les quantités d'eau pesée étant de l'ordre des corrections à effectuer.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Neutralisation de l'acide tartrique en présence de chlorures métalliques. Zone neutre et tampon.* Note de M. **L.-J. Simon**.

La notion de *tampon* qui s'est rapidement imposée en biologie a été introduite en 1900 par Fernbach et Hubert [2] à propos du rôle joué par les phosphates dans les actions diastasiques. Entre le phosphate monosodique neutre à l'hélianthine et le phosphate disodique neutre à la phtaléine s'étend une *zone neutre aux deux réactifs*. Un mélange des deux sels est donc neutre aux deux réactifs et conserve cette neutralité si l'on y introduit de petites quantités d'acide ou d'alcali. Il joue donc un rôle protecteur vis-à-vis des diastases contre les changements brusques d'acidité ou d'alcalinité que Fernbach et Hubert ont voulu souligner par l'expression de *tampon*.

Le mélange des deux tartrates est également un tampon. Il a été signalé [3] précédemment que par addition de chlorure de calcium à du tartrate monopotassique, la neutralité à l'hélianthine fait place à l'acidité : *le seuil d'acidité est rapproché* par cette addition. Au point de vue de la filtrabilité des diastases et de leur action en général, c'est là un fait très important. En outre, comme l'addition de chlorure de calcium ne modifie pas la neutralité du tartrate dipotassique à la phtaléine, *la zone neutre se trouve rétrécie, voire même supprimée.* L'effet du tampon s'amoindrit et peut même s'évanouir. A ces deux points de vue il m'a paru utile de soumettre d'autres chlorures au même examen.

---

(1) Alliage, 10 pour 100 Cu, 90 pour 100 Sb.

(2) *Comptes rendus*, t. 131, 1900, p. 293.

(3) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 620.

Les chlorures alcalins sont évidemment sans action sensible; il en est de même des chlorures de lithium et de magnésium. Les chlorures de cuivre, de zinc et le chlorure ferrique m'ont conduit à des résultats intéressants représentés par les diagrammes 1, 2 et 3.

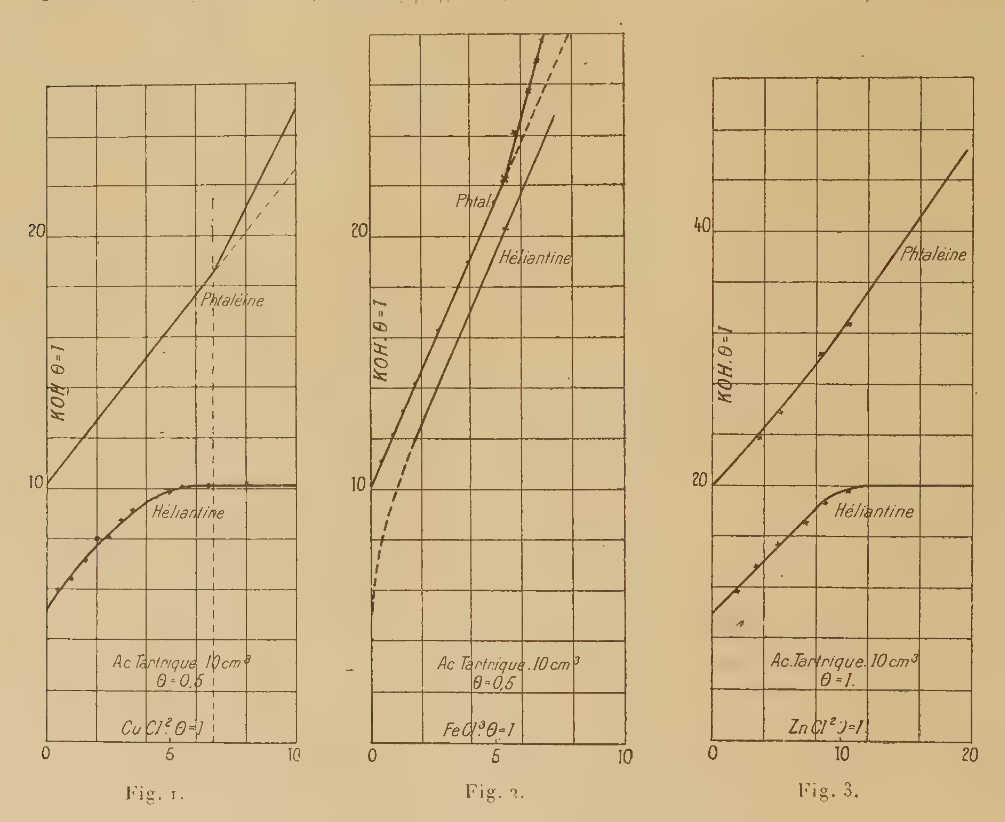


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

En ce qui concerne le rapprochement du seuil d'acidité, ces chlorures exercent qualitativement la même action que le chlorure de calcium, et pour les deux premiers l'effet est identique quantitativement. Pour ce qui concerne la zone neutre et l'effet de tampon, chaque métal paraît jouer un rôle spécifique.

1° Avec le cuivre, l'acidité à l'hélianthine croît par l'addition de chlorure jusqu'à atteindre la valeur qui correspond à la formule

$$C^4H^6O^6 + 2KOH + \frac{4}{3}CuCl^2 = C^4H^4O^6Cu \cdot \frac{1}{3}CuCl^2 + 2KCl + 2H^2O.$$

En présence de phtaléine, il faut employer, à la neutralisation, une nou-

velle quantité d'alcali :

$$C^4H^4O^6Cu.\tfrac{1}{3}CuCl^2+\tfrac{5}{3}KOH = C^4H^4O^6\begin{matrix}\diagup Cu(OH)\\ \diagdown K\end{matrix}.\tfrac{1}{3}Cu(OH)^2+\tfrac{2}{3}KCl.$$

La zone neutre s'élargit donc ici au lieu de se rétracter. *L'effet tampon croît.*

Ces expériences mettent en évidence un complexe cupropotassique qu'on peut écrire

$$[C^4H^4O^6KCu(OH)]^3Cu(OH)^2$$

ou encore

$$C^{12}H^7O^{18}Cu^4K^3.5H^2O.$$

Sous cette forme, on retrouve le complexe cuprotartrique admis comme constituant efficace de la liqueur de Fehling par Masson et Steele (1899).

2° Pour le zinc (*fig.* III), les formules correspondantes sont :

$$C^4H^6O^6+ZnCl^2+2KOH = C^4H^4O^6Zn+2KCl+H^2O,$$
$$C^4H^4O^6Zn + KOH = C^4H^4O^6KZn(OH).$$

En présence d'hélianthine, tout se passe comme avec le calcium; le seuil d'acidité est rapproché de la même manière. En présence de phtaléine surgit, comme pour le cuivre, un complexe, mais plus simple; la zone neutre a la même étendue que sans chlorure : *l'effet tampon ne varie pas.*

Avec le fer, nouvelle apparence en étroite relation d'ailleurs avec l'action exercée sur les sels ferriques ou l'absence d'acide tartrique [1] : les faits sont assez bien représentés par les deux formules :

$$3C^4H^6O^6+3FeCl^3+11KOH=(C^4H^4O^6K)^3Fe.Fe^2(OH)^5Cl+8KCl+6H^2O,$$
$$(C^4H^4O^6K)^3Fe.Fe^2(OH)^5Cl+KOH=(C^4H^4O^6K)^3Fe.2Fe(OH)^3+KCl.$$

$(C^4H^4O^6K)^3Fe$ cristallisé avec $\frac{1}{2}H^2O$ n'est autre que le ferritartrate de Baudran (1900). Le complexe total peut s'écrire $[C^4H^4O^6KFe(OH)]^3$ et correspond au ferritartrate officinal que nous avons analysé. Il faut bien avouer que les faits expérimentaux cadreraient mieux avec 12 et 13 molécules de potasse qu'avec 11 et 12 molécules, ainsi que le suppose l'interprétation proposée. Tous ces titrages sont d'ailleurs, à des degrés divers, délicats et affectés parfois de quelque incertitude. Bien que j'aie confiance dans leur résultat, il serait désirable de le contrôler électrométriquement ou polarimétriquement.

---

(1) Je me suis assuré qu'en présence d'hélianthine un sixième du chlore persiste; en présence de phtaléine, tout le chlore est chassé. De même pour l'acide sulfurique dans l'alun ferrique.

Pour le fer, le fait essentiel, c'est que la zone neutre est très rétrécie sans jamais s'annuler comme pour le calcium : *l'effet de tampon s'en trouve donc amoindri.*

Si l'on tient compte du rôle important joué dans l'organisme animal ou végétal par les métaux examinés, rôle qui me les a fait choisir, il sera justifié d'appeler l'attention des biologistes sur la variété d'action de leurs sels sur la zone neutre des tartrates et, par suite, sur l'effet de tampon du mélange constitué par les deux tartrates alcalins.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la radioactivité des sources de la région de Bagnoles-de-l'Orne et son rapport avec la structure géologique.* Note de M. **P. Loisel**, présentée par M. Daniel Berthelot.

J'ai étudié l'an dernier deux groupes de sources de la région de Bagnoles au point de vue de leur teneur en émanation du radium. Le premier groupe comprenait les sources entourant la grande source thermale; le second, groupe de Lignou, se composait de trois sources situées à 2^{km} au sud-est du premier.

Cherchant à me rendre compte s'il existe une relation entre la nature géologique du terrain et la radioactivité des sources qui y prennent naissance, j'ai poursuivi mes recherches dans un large secteur, s'étendant environ sur 100^{km^2} tout autour de Bagnoles.

L'émanation du radium a été dosée suivant la technique indiquée dans mes Notes antérieures et a été seule recherchée. Les circonstances ne m'ont pas permis, le plus souvent, d'effectuer plus d'un dosage pour chaque source. Toutefois, l'étude continue de la radioactivité de la grande Source (pour laquelle j'ai trouvé une fois sur neuf dosages, le 28 juin 1922, la courbe complexe signalée antérieurement) m'a montré, qu'à part les brusques accroissements de la teneur en émanation du radium due à la pluie, la radioactivité n'avait subi aucune oscillation notable et que, de plus, elle avait légèrement diminué par rapport à l'an dernier, 0,735 au lieu de 0,980 millimicrocuries par litre.

Les mesures sont consignées dans le Tableau suivant. Les sources déjà étudiées l'an dernier ont été à nouveau analysées. A ce Tableau, j'ai ajouté deux sources, Chaudefontaine et Saint-Ursin, étudiées les années précédentes, et dont le dosage n'a pu être refait. Les sources analysées plus d'une fois sont marquées d'un astérisque.

Nom de la source.	Commune.	Date du prélèvement.	Teneur en émanation en millimicrocuries.	Nature géologique du terrain.
Grande-Source*	Bagnoles	août 1922	0,755	Grès à bilobites.
Fées	»	6 sept. »	0,53	»
Desnos	Tessé-la-Madeleine	18 » »	0,45	Limite du granite et du grès.
Buards*	»	» »	0,87	Granite.
Peyré*	»	» »	0,89	»
Le Haut-Coudray	La Chapelle-Moche	3 août »	0,81	»
La Belette	»	» »	0,74	»
Le Pissot	Juvigny	» »	0,08	»
Lessart*	»	sept. »	0,30	»
La Haute-Boizière	»	3 août »	0,41	Schistes micacés.
Bellefontaine	Perrou	19 sept. »	0,636	»
Hermitage	Champsecret	30 juill. »	1,430	»
Fontaine Ozanne	»	4 » »	0,228	Granite.
Fontaine Guérin	»	16 » »	0,547	Schistes micacés.
Rocher Viel	»	» »	0,102	Silurien.
La Fontaine Minérale*	Saint-Michel	sept. »	0,437	Schistes micacés.
Le Bézier	»	3 » »	1,139	Grès de May.
Le Fay de Haut*	La Ferté-Macé	» »	1,833	Granite.
La Sourdais	»	4 » »	0,276	»
Le Bouillon Salles	»	19 » »	0,990	Limite des schistes et du grès de May.
La Retaudière	Magny	11 » »	0,840	Limite des schistes et du granite.
La Brindassière	»	» »	0,283	Granite.
Les Vallées	Antoigny	10 août »	1,108	Grès à bilobites.
Chaudefontaine	»	20 août 1920	3,864	»
Saint-Ursin	Lignières	18 » 1921	1,569	»
Vieil Être	Couterne	16 sept. 1922	0,824	Granite.
Lignou	»	» »	0,140	Schistes micacés.
Château de Frotté	»	2 oct. »	0,678	Granite.

Dès le premier abord, paraît bien exister une relation entre la structure géologique et la radioactivité des sources. Celles-ci se répartissant en groupes orientés NO-SE suivant la direction générale des lignes structurales de la région.

Les sources dont la teneur en émanation du radium est la plus forte, supérieure à 1 millimicrocurie (Saint-Ursin, Chaudefontaine, les Vallées, le Bézier, l'Hermitage) se groupent, à l'exception de la dernière, suivant une ligne qui coïncide en moyenne avec un synclinal occupé par le grès de May.

Au sud de cette ligne se trouve le groupe de Bagnoles (valeur moyenne,

0,8 millimicrocurie) comprenant des sources émergeant du granite, sources qui, cette année tout au moins, ont eu une teneur en émanation inférieure à celle des sources prenant naissance dans les terrains sédimentaires, contrairement à ce qui était admis généralement (Belette, Haut Coudray, Fées, Grande Source, Desnos, Peyré, Buards, Château de Frotté, Vieil-Être).

Enfin, plus au sud, la radioactivité des sources diminue encore (Lignou, 0,140 millimicrocurie, Haute Boizière, 0,409).

Au nord de la ligne principale, la radioactivité des sources décroît également jusque dans le massif granitique Fertois où certaines sources ont une radioactivité faible (Sourdais, Brindassière) de l'ordre de 0,3 millimicrocurie, les sources de même radioactivité s'orientant toujours suivant une ligne NO-SE. Toutefois plus au nord existe une source assez active, le Fay de Haut (1,83 millimicrocurie) La cause de cette anomalie demande à être recherchée.

Enfin, dernière remarque, les sources tout à fait superficielles n'ont qu'une radioactivité très faible (Pissot, 0,08) ou nulle (Rocher Marie, puits de l'Hermitage, puits de la Gueronnière).

En résumé, nous voyons qu'il existe une relation indéniable entre la radioactivité des sources Bagnolaises et la structure géologique de la région sans qu'il soit possible pour l'instant de formuler une loi générale. Les mesures devront être reprises, étendues à un plus grand nombre de sources distribuées sur un plus vaste secteur, ce que je me propose de faire par la suite.

GÉOLOGIE. — *Sur l'étude géologique du fond de la Manche.* Note de M. **J.-B. Charcot**, présentée par M. Pierre Termier.

Pendant sa croisière de 1922, le *Pourquoi-Pas?* tout en procédant aux autres nombreuses opérations de sa mission, a continué l'étude géologique commencée en 1921 des bancs de Porcupine et de Rockall dans l'Atlantique, et surtout de la Manche à l'instigation de MM. A. Lacroix et P. Lemoine. Aux 54 stations de l'an dernier effectuées dans cette mer sont ainsi venues s'ajouter les 64 stations géologiques de cette année.

Nous croyons pouvoir dire que c'est la première fois que l'étude géolo-

gique systématique et méthodique d'une mer a été entreprise. Les recherches de cette nature avaient jusqu'à présent été effectuées au hasard d'opérations océanographiques, ou poursuivies momentanément dans des régions très restreintes (Laboratoire de Plymouth au sud du Devon, de Lapparent au Pas de Calais, Ferronnière, embouchure de la Loire) ou limitées à la nature superficielle du fond (Delesse, Thoulet).

Nous avons exploré environ les deux tiers de la Manche, soit entre une ligne tirée du cap Lizard à Roscoff à l'Ouest et du cap Sainte-Catherine à celui d'Antifer à l'Est.

Toutes nos stations ont été choisies très méthodiquement sur une série de lignes reliant l'Angleterre à la France, puis parallèles à ces deux côtes; le golfe Normanno-Breton a été particulièrement fouillé. Chaque station comportait souvent plusieurs opérations.

Les appareils ramasseurs de fond habituels ne rapportant que des échantillons de petites dimensions, nous leur avons adjoint un autre procédé de prélèvement.

Nous ne prétendons pas avoir inventé un instrument ni même une technique entièrement nouvelle, car de tout temps les dragues ont rapporté des pierres — généralement même quand on cherche autre chose — et le laboratoire de Plymouth s'en est servi efficacement pour ses belles recherches déjà citées. L'appareil que nous avons adopté est en effet le modèle un peu réduit, préféré par S. A. S. le Prince de Monaco, de la drague de Ball et Forbes, utilisée par le *Challenger*. Mais, en lui apportant quelques modifications qui paraissent heureuses et en l'utilisant avec un tour de main spécial inspiré d'ailleurs de celui de M. Rondeleux et de M. Thoulet pour la petite drague lithologique de ce dernier, nous croyons être arrivés à des résultats un peu inattendus et surtout avoir prouvé que l'étude géologique du fond de la mer peut être pratiquée facilement et rapidement.

Pour des fonds de 100^{m}, toute l'opération, depuis le départ de la drague du bord jusqu'à sa rentrée, demande de 10 à 15 minutes. La drague s'enfonce dans le sol, et l'on peut estimer qu'elle y travaille suivant sa nature et fréquemment à $0^{m},50$ et même jusqu'à $0^{m},75$.

Sur plus de 130 coups de drague ainsi donnés, il n'y en a pas 6 qui n'aient pas ramené de blocs de taille appréciable. La drague rapporte en général de 50^{kg} à 200^{kg} d'échantillons, parfois en couches superposées, parfois de blocs de volume variable dont quelques-uns fréquemment pèsent de 25^{kg} à 30^{kg} et ont été arrachés.

Nous évaluons à 5 tonnes au moins le poids total des échantillons ramenés pendant la croisière en Manche de 1922.

Ce procédé a pu être employé par très grosse mer et même la nuit; c'est lui qui nous a servi également pour nos opérations sur les bancs de Porcupine et de Rockall et, si nous nous sommes limités à 220^{m}, c'est uniquement parce que notre treuil à vapeur, ancien treuil de dragueur de mines, ne pouvait porter que la quantité de câble nécessaire pour cette profondeur.

Nous prévoyons déjà des modifications qui pourront être apportées dans la forme des dragues, mais, actuellement, l'uniformité de la méthode employée permet une comparaison précise des différents résultats obtenus suivant la nature du fond. Inversement, il sera intéressant d'essayer plusieurs modèles de dragues sur un affleurement connu.

Ce n'est que lorsque échantillons et documents auront été étudiés par les laboratoires compétents, qu'il sera possible de juger des résultats acquis. Cependant, on peut déjà dire que cette partie géologique de la campagne de 1922, continuant celle de 1921, a permis de recueillir des échantillons qui, triés et examinés préliminairement à bord même, peuvent être classés en roches arrachées, en fossiles (nombreux et parmi lesquels se trouvent des ammonites), en échantillons minéralogiques, en galets anciens, en roches transportées par les glaces, en sédiments actuels. Avec quelques résultats pratiques, notamment des indications pouvant servir à l'établissement de cartes de pêche et sur l'emplacement de mollusques comestibles, M. Louis Dangeard, géologue de la croisière, considère qu'elle a fourni des renseignements concernant la sédimentation ancienne et actuelle, les transgressions et régressions de la mer, l'origine de la Manche. Elle a précisé la nature des surfaces rocheuses sous-marines et a montré l'existence de fonds calcaires abondants. Enfin elle a permis d'aborder un genre de recherches très neuf, la géologie et la paléontologie sous-marine.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Caryophyllacées. Les derniers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. L. Guignard.

Partant du proembryon à seize cellules, réparties en six étages, l, l', m, n, o et p [1], on peut montrer comment se succèdent les segmentations dans

(1) R. Souèges, *Embryogénie des Caryophyllacées, Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Sagina procumbens *L.* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 709).

chacun de ces six étages, jusqu'au moment de la différenciation définitive des régions fondamentales du corps de l'embryon adulte.

L'étage supérieur *l*, qui représente l'épiphyse, est constitué de quatre cellules circumaxiales (*fig.* 19 à 24). Elles se divisent par une paroi tangentielle (*fig.* 25 à 29) qui sépare extérieurement les quatre premières cellules de l'épiderme et, intérieurement, les quatre premières cellules de l'écorce au sommet de la tige. Ces deux groupes de quatre éléments ne prennent dans la suite que des cloisons anticlines (*fig.* 30 et 33) et il en est ainsi dans les deux tétrades circumaxiales successives qui résultent de ces cloisonnements. Les deux groupes différenciés dès le stade de la figure 27 sont, en somme, les initiales d'où procèdent l'épiderme et l'écorce de la tige future.

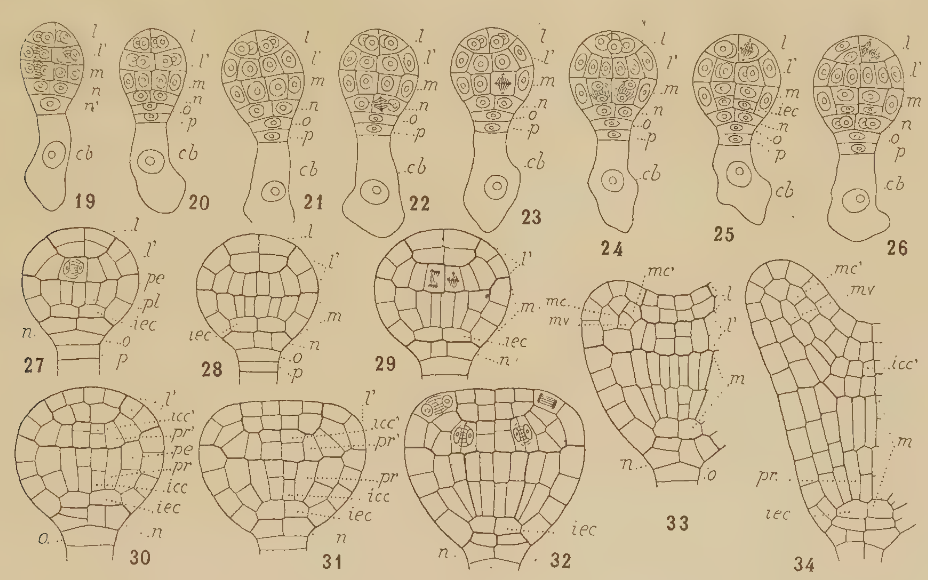


Fig. 19 à 34. *Sagina procumbens* L. — Les derniers stades du développement embryonnaire. *l*, *l'*, *m*, *n*, *o* et *p*, les six étages du proembryon à seize cellules; *cb*, cellule basale indivise du proembryon bicellulaire; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *icc* et *icc'*, initiales du cylindre central de la racine et de la tige; *pr* et *pr'*, péricycle de la racine et de la tige; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *mc* et *mc'*, méristème cortical du cotylédon; *mv*, méristème vasculaire du cotylédon. G. : 420.

L'étage *l'* correspond à la partie cotylée proprement dite; il donne naissance aux deux cotylédons et aux premières cellules de la région supérieure du cylindre central. Les quatre éléments qui le constituent (*fig.* 20) se segmentent tangentiellement et séparent, vers l'extérieur, le dermatogène (*fig.* 19, 21 à 23). Les quatre cellules intérieures se cloisonnent verticalement, engendrent ainsi, sous l'épiderme, les premières cellules de périblème et, autour de l'axe, les premières cellules de plérome du cône végétatif de la tige (*fig.* 24, 26). Ces quatre cellules de plérome, par de nouvelles parois verticales (*fig.* 27, 28), donnent, au voisinage du périblème, des éléments homologues des éléments péricycliques de l'hypocotyle et quatre nouvelles cellules circumaxiales. Les éléments de nature péricyclique (*pr'*) se segmentent longitudinalement (*fig.* 32, 33),

puis transversalement et engendrent ainsi un noyau cellulaire de raccordement entre le plérome du cotylédon (*mv*), celui du cône végétatif de la tige et même celui de l'hypocotyle. Les quatre cellules circumaxiales se partagent transversalement (*fig.* 29 et 30) en deux tétrades superposées : la tétrade supérieure, voisine de l'épiphyse, représente les initiales de la stèle du côté de la tige (*icc'*), la tétrade inférieure constitue les cellules mères du méristème vasculaire de ce même organe. Les premières cellules de périblème de la partie cotylée se divisent le plus souvent par une cloison tangentielle qui, chose assez singulière, vient s'insérer inférieurement sur la paroi de la cellule épidermique de l'hypocotyle. Des cloisons anticlines succèdent à ces parois tangentielles et parfois peuvent les précéder. C'est aux dépens des éléments les plus intérieurs (*mv*, *fig.* 33) de ce groupe cellulaire que se différencie le méristème vasculaire du cotylédon; les autres éléments du même groupe contribuent à la formation du périblème cotylédonaire externe et interne (*mc* et *mc'*, *fig.* 33 et 34).

L'étage *m* donne naissance à l'hypocotyle. Les quatre éléments qui le composent dans le proembryon à seize cellules sont les premiers à se segmenter (*fig.* 19, 20). Des cloisons tangentielles individualisent tout d'abord le dermatogène (*fig.* 21, 22); puis, dans les quatre cellules intérieures, comme cela a déjà été observé chez les *Nicotiana* [1], des parois transversales (*fig.* 23, 24, 25) séparent, vers le bas, les initiales de l'écorce au sommet radiculaire, et, vers le haut, quatre nouvelles cellules circumaxiales qui, se divisant longitudinalement, engendrent les deux histogènes internes, périblème et plérome (*fig.* 27). Les éléments du plérome, par de nouvelles parois verticales (*fig.* 28, 29), donnent extérieurement les premières cellules du péricycle et quatre nouvelles cellules voisines de l'axe; celles-ci se partagent transversalement (*fig.* 30, 31) en deux tétrades superposées : la tétrade inférieure représente les initiales du cylindre central au sommet radiculaire, la tétrade supérieure engendre le méristème vasculaire de la racine. Les éléments du périblème en segmentent transversalement, puis longitudinalement dans les deux directions rectangulaires; les segmentations se poursuivent dans les nouvelles cellules conformément aux règles ordinaires qui président à la multiplication cellulaire dans ce tissu de l'embryon.

L'étage *n* est composé de deux cellules; elles se divisent verticalement; puis, dans les quatre éléments engendrés, s'établissent, d'emblée ou après de nouvelles parois verticales, des cloisons tangentielles qui séparent l'assise calyptrogène de la couche la plus inférieure de la coiffe. Les cellules *o* et *p* entrent dans la constitution du suspenseur.

Les faits les plus saillants que révèle l'histoire embryogénique du *Sagina procumbens* se rapportent à l'origine de l'épiphyse, à la marche des segmentations dans la partie cotylée, au mode de différenciation des initiales de l'écorce au sommet radiculaire. Le développement embryonnaire, d'une manière générale, est le plus schématique et le plus accéléré que l'on connaisse.

---

[1] R. Souèges, *Recherches sur l'embryogénie des Solanacées* (*Bull. Soc. bot. Fr.*, t. 69, 1912, p. 172).

BOTANIQUE. — *Sur la différenciation vasculaire basipète pour toutes les traces foliaires chez la Mercuriale.* Note (¹) de M. P. BUGNON, présentée par M. Guignard.

J'ai indiqué antérieurement (²) d'après quelles analogies la disposition affectée par la portion inférieure du faisceau cotylédonaire médian, chez la Mercuriale (*Mercurialis annua* L.), pouvait être interprétée comme une bifurcation de raccord, au même titre que la portion correspondante des autres faisceaux foliaires médians.

L'ordre chronologique suivant lequel se fait la différenciation vasculaire, du haut en bas de cette bifurcation, offre un nouveau trait de ressemblance très important entre le raccord des faisceaux cotylédonaires et celui des faisceaux médians des feuilles végétatives.

En ce qui concerne les faisceaux cotylédonaires, et abstraction faite du protoxylème centripète compris entre les branches de la bifurcation, il a été établi par G. Chauveaud (³) que la différenciation des premiers vaisseaux est plus hâtive dans le cotylédon que dans l'hypocotyle et plus active dans le sommet de l'hypocotyle que dans sa base. La différenciation vasculaire y est donc basipète par rapport à la base de la tige.

Il en est de même pour une trace foliaire quelconque. Le cas particulier ci-dessous décrit correspond à un fait général.

Considérons, par exemple, la trace du faisceau médian M_5 (*fig.* 1) appartenant à l'une des feuilles F_5 (feuilles de la cinquième paire au-dessus des cotylédons) d'une jeune Mercuriale dont la région terminale a fait l'objet d'une série de coupes transversales au microtome.

La coupe 53 de la série passe vers le sommet du nœud des feuilles F_3. A ce niveau, le faisceau M_5 est encore entier et possède trois vaisseaux bien différenciés. Les divers faisceaux correspondant au bourgeon axillaire de la feuille F_3 sont groupés entre le faisceau médian M_3 et les deux faisceaux latéraux L_3 et L'_3 de la feuille axillante. En descendant à travers le nœud, les faisceaux gemmaires finissent par constituer deux groupes latéraux (faisceaux b et c, b' et c').

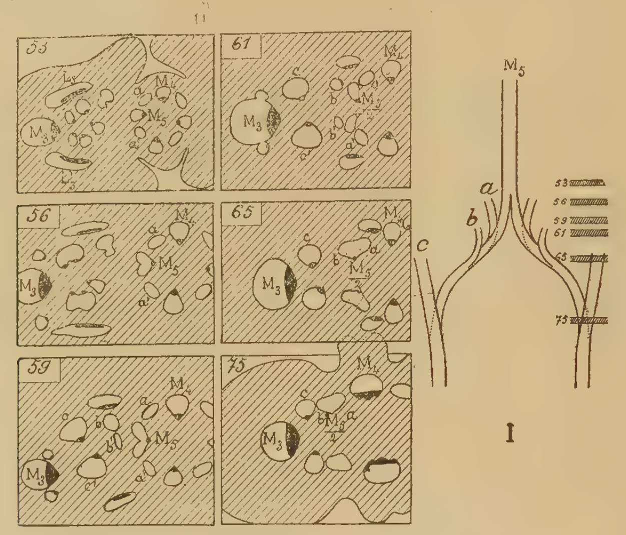
Sur la coupe 56, le faisceau M_5 montre le début de sa bifurcation; c'est d'abord sa masse libérienne qui se scinde en deux parties. Au niveau de la coupe 59, la séparation est beaucoup plus accentuée; au niveau de la coupe 61, la fissure a atteint la région ligneuse et le faisceau M_5 est dorénavant représenté par deux moitiés divergentes, dont il suffit de suivre l'une, $\frac{M_5}{2}$. Se rapprochant de la périphérie, elle vient s'inter-

(¹) Séance du 6 novembre 1922.

(²) P. BUGNON, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1484.

(³) G. CHAUVEAUD, *Ann. Sc. nat.*, 9ᵉ série, *Bot.*, t. 12, 1910, p. 59 et 65.

caler entre les faisceaux a et b, qui ne possèdent encore aucun élément ligneux reconnaissable sur toute leur longueur. Le faisceau $\frac{M_5}{2}$, au contraire, présente encore là un faisceau bien différencié.



Mercurialis annua L.
Les six schémas 53 à 75 ont été copiés à la chambre claire ([1]). Gr. : $\frac{10}{2}$.

Au niveau de la coupe 65, les faisceaux a et b se montrent accolés latéralement au faisceau $\frac{M_5}{2}$; le faisceau anastomotique ainsi formé $\left(a\frac{M_5}{2}b\right)$ possède l'unique élément ligneux de son constituant $\frac{M_5}{2}$; mais, déjà au niveau de la coupe 75, il n'en possède plus aucun, et il en est ainsi aussi loin qu'on peut le suivre vers le bas, même après sa fusion latérale avec le faisceau c.

Le schéma tracé en I (voir la figure) indique la forme d'ensemble et les rapports de la trace du faisceau M_5, dans sa région de bifurcation et de raccord.

La description qui précède ne fait que confirmer, à propos de la Mercuriale, la réalité du phénomène très général de la différenciation vasculaire basipète des traces foliaires, phénomène dont la généralité était déjà posée

([1]) Il ne me paraît pas indispensable de donner ici des dessins détaillés ou des microphotographies, en raison du peu de place disponible et de la facilité avec laquelle les faits décrits sont vérifiables, puisqu'ils sont généraux et que la plante étudiée est très commune. Les schémas donnés pareillement dans ma Note antérieure ont toutefois été critiqués par M. Bouvrain (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 380); mais cet auteur ne signale pas d'erreur de fait dans mes descriptions relatives à la seule question traitée, à savoir la course d'ensemble des traces foliaires, tant dans l'hypocotyle que dans l'axe épicotylé; le reproche qu'il m'adresse d'avoir trop simplifié les schémas correspondants est donc sans portée.

en principe par Naegeli [1]. Celui-ci en concluait à la différenciation basipète des cordons procambiaux, conclusion impliquant l'indépendance initiale des traces foliaires et leur raccord subséquent.

Plus tard, Lignier surtout [2] a longuement insisté sur ces faits et sa théorie du mériphyte a trouvé là son origine.

Depuis, un certain nombre d'auteurs ont constaté et décrit le raccord effectif des traces foliaires avec l'appareil conducteur sous-jacent. Je l'ai fait personnellement à propos des Graminées [3]. G. Chauveaud l'a fait également, par exemple sur le Buis (*Buxus sempervirens*) [4]; etc.

Dans tous les cas où ce raccord a pu être observé comme une réalité objective, la différenciation vasculaire s'est montrée basipète. Cela donne une force singulière à la conclusion de Naegeli. Même dans le cas où le raccord n'a pas été effectivement constaté jusqu'ici, l'hypothèse du raccord fournit, ainsi que l'a montré Lignier, l'explication la plus simple des variations de la structure caulinaire.

Si, maintenant, tenant compte des analogies intimes que j'ai signalées entre la portion inférieure du faisceau cotylédonaire médian et celle du faisceau médian des feuilles végétatives chez la Mercuriale, on cherche à s'expliquer le sens basipète de la différenciation vasculaire dans l'hypocotyle de cette plante, il n'apparaît nullement nécessaire de faire intervenir, ainsi que le pense M. G. Chauveaud, la théorie de l'accélération basifuge; ce fait est expliqué au moins aussi facilement par la théorie du raccord et, en tout cas, il ne peut pas présenter davantage de caractère ancestral dans l'hypocotyle qu'il n'en a dans l'axe épicotylé.

---

(1) Naegeli, *Beiträge zur wiss. Bot.*, Heft 1, 1858, p. 34.

(2) O. Lignier, *De l'importance du système libéro-ligneux foliaire en anatomie végétale* (*Comptes rendus,* séance du 6 août 1888); *De l'influence que la symétrie de la tige exerce sur la distribution, le parcours et les contacts de ses faisceaux libéro-ligneux* (*Bull. Soc. Linn. Normandie*, 4e série, vol. 2, 1889).

(3) P. Bugnon, *La feuille chez les Graminées* (*Thèse Doct. Sc. nat.*, Paris, 1921, et *Mémoires de la Soc. Linn. de Norm.*, t. 21, fasc. 2).

(4) G. Chauveaud, *Ann. Sc. nat.*, 9e série, *Bot.*, t. 13, 1911, p. 325.

Je transcris ici sa description, qui est tout à fait typique : « Au-dessus de l'insertion des cotylédons, dans la gemmule, on voit bientôt apparaître deux arcs criblés. Au milieu de ces arcs et en dedans d'eux on voit peu après se différencier un premier vaisseau, puis un second vaisseau. Ces vaisseaux vont constituer la continuation des deux faisceaux vasculaires intercotylédonaires dont nous avons signalé la suppression au-dessous des cotylédons.

« Le raccordement entre ces deux formations vasculaires se fait de proche en proche, à mesure que se poursuit la différenciation de ces vaisseaux superposés qui se fait de haut en bas. »

BOTANIQUE. — *Sur les variations de coloration des fleurs réalisées expérimentalement à haute altitude.* Note de M. **Joseph Bouget**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Dans une Note récente, j'ai indiqué comment on peut reproduire expérimentalement, par des changements d'altitude et d'exposition, les variations de coloris observées dans la nature chez un certain nombre de fleurs. Les expériences qui font l'objet de la Note actuelle sont destinées à montrer que des variations analogues peuvent être obtenues, à une altitude donnée, par un simple changement dans les conditions physiques du milieu qui entoure la plante pendant sa floraison.

Ces recherches ont été poursuivies au jardin botanique de l'Observatoire du Pic du Midi (2860^{m} d'altitude), depuis l'année 1905 jusqu'à ce jour. Elles ont porté sur des plantes assez nombreuses qui croissent aux hautes altitudes. Les résultats les plus importants ont été obtenus avec les *Silene acaulis*, *Daphne Cneorum*, *Iberis spatulata*.

Lorsque ces plantes fleurissent aux bords des névés, par un temps beau et sec qui provoque la fusion de la neige, les fleurs sont brillamment colorées. Cette couleur se dégrade à mesure que la neige fond et que le milieu devient moins humide. Lorsque la floraison s'effectue sur un terrain sec, dans les mêmes conditions atmosphériques, les fleurs sont pâles et décolorées; elles reprennent des teintes plus foncées s'il survient une pluie plus ou moins abondante, suivie d'une forte radiation solaire.

Par exemple, le *Silene acaulis* donne des fleurs d'un rouge vif dans le premier cas, rose clair dans le second. On choisit, en terrain sec, une touffe de cette plante, portant des fleurs pâles à diverses étapes de la floraison; on la détache avec la motte de terre entière entourant toutes les racines; on la transplante en pleine terre, sur le bord d'un névé, dans une position telle que tout contact direct avec l'eau de fusion de la neige soit évité; cette dernière condition est des plus essentielles, car l'atteinte de l'eau de fusion risquerait de tuer la plante. Dans ces conditions, lorsque l'expérience est poursuivie par un temps chaud et sec, on observe que la coloration rose pâle des fleurs déjà ouvertes devient plus foncée. Quant aux fleurs encore en boutons au moment de la transplantation, elles prennent à leur éclosion la même teinte rouge vif que l'on observe sur celles qui se sont développées sur place au bord du névé. Un résultat analogue est obtenu en laissant en place la touffe sur son terrain sec et en l'entourant de neige (toujours de

manière à empêcher le contact direct avec l'eau de fusion), qui est renouvelée à mesure qu'elle fond, pour maintenir pendant toute la floraison le milieu qui entoure la plante dans les mêmes conditions.

Les facteurs qui interviennent dans le phénomène sont évidemment créés par la neige exposée à une forte radiation solaire. Celle-ci détermine non seulement la fusion rapide de la neige mais une évaporation intense, qui introduit dans les couches d'air voisines de la plante une assez forte proportion de vapeur d'eau, pendant que le reste de l'atmosphère en contient fort peu, comme l'indiquent les hygromètres de l'Observatoire voisin.

On réalise des conditions assez semblables en recouvrant le sol tout autour de la plante de matières diverses très divisées : offrant une large surface à l'évaporation (mousses, pailles, morceaux de drap, charbon, sable, terres argileuses, surtout quand elles contiennent de l'oxyde de fer), que l'on maintient humides par des aspersions d'eau assez fréquentes. On y arrive également en effectuant très souvent des pulvérisations d'eau à une température supérieure à la température ambiante (l'eau plus froide versée sur la plante exposée au soleil produirait des accidents analogues à des brûlures qui compromettraient la vie du végétal). Par ces divers moyens, on produit un rougissement accentué des fleurs pâles, mais l'intensité de la coloration n'est jamais aussi vive que celle causée par un entourage de neige.

C'est avec la neige qu'on réalise les coloris les plus beaux, à condition que la radiation solaire soit très intense. Peu importe la valeur de la température observée pendant l'expérience; les indications du thermomètre n'ont pas d'influence sensible; ce sont celles de l'actinomètre qui jouent un rôle prépondérant. Aussi toute diminution de l'intensité de la radiation solaire, un temps couvert par exemple, diminue également la vivacité des coloris.

Les expériences que nous venons de décrire montrent l'influence très grande sur la coloration des fleurs :

1° Du milieu qui entoure la plante pendant la floraison;

2° De l'énergie que la plante reçoit du soleil pendant ce temps.

BOTANIQUE. — *Sur les pousses supplémentaires estivales.* Note de M. G.-L. **Funke**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait que chez un assez grand nombre d'arbres et d'arbustes, il se forme, au milieu de l'été, de jeunes pousses supplémentaires qu'on appelle

vulgairement « pousses d'août. » Je me suis proposé, dans ce travail, d'étudier en particulier la façon dont se comporte l'assise génératrice libéroligneuse de la tige, lorsqu'il se produit une pousse d'août. J'ai examiné anatomiquement des branches, récoltées à la fin de septembre et en octobre dans la forêt de Fontainebleau; ces branches portaient des pousses supplémentaires qui avaient atteint leur état adulte, de façon à pouvoir être comparées aux pousses normales de printemps. Les pousses d'août ont en moyenne les mêmes dimensions que les pousses de printemps; toutefois l'on n'a jamais grand'peine à les reconnaître car, par leur aspect jeune, elles tranchent pendant longtemps sur l'ensemble du feuillage des branches normales.

On peut distinguer plusieurs catégories parmi les pousses d'août; le premier cas est représenté par le développement, en été, d'un bourgeon situé sur une pousse de printemps; c'est quelquefois un bourgeon latéral de cette branche de printemps qui produit la pousse d'août et beaucoup plus souvent encore c'est le bourgeon terminal de cette même branche. Dans un second cas, c'est un bourgeon formé l'année précédente, ou même pendant une année antérieure, qui se développe pendant l'été sans avoir donné une pousse de printemps. Je n'ai observé les pousses de cette catégorie que sur des bourgeons latéraux du bois des années antérieures. Il existe encore une troisième sorte de branche se formant en été, c'est le cas où il se produit simplement une reprise de la végétation de la branche de printemps; il ne s'est alors pas formé de bourgeon entre les deux évolutions de la même branche. Dans ce troisième cas, il se produit quelquefois un arrêt dans l'apparition des feuilles successives, et l'on voit brusquement une différence entre les feuilles de printemps et les feuilles d'été, à ce point que l'on pourrait confondre la partie la plus jeune d'une telle branche avec une vraie pousse d'août.

Voici quels sont les principaux résultats de mes observations, au sujet des espèces suivantes :

Chez le Charme (*Carpinus betulus*) je me suis appliqué surtout à comparer la structure d'une pousse de printemps qui porte une pousse d'août adulte à la structure d'une autre branche de printemps similaire du même arbre, mais qui ne porte pas de pousse d'août. La pousse de printemps sans pousse d'août montre un anneau de bois secondaire normal, dans lequel les vaisseaux ont un calibre de plus en plus petit en allant vers l'extérieur. La pousse de printemps comparable, mais avec pousse d'août, fait voir un anneau semblable au précédent, se continuant vers l'extérieur par une formation secondaire, due à la pousse d'août; toutefois, cette formation super-

posée ne produit pas un deuxième anneau distinct; on la reconnaît seulement à la présence (en dehors des plus petits vaisseaux extérieurs du bois normal) de vaisseaux tout à coup d'un plus grand calibre qui rappellent les premiers vaisseaux secondaires du bois de printemps; j'insiste sur ce point qu'il y a continuité entre ces formations secondaires ligneuses superposées et que la limite entre elles n'est pas absolument nette.

Le retentissement des formations ligneuses supplémentaires autour du bois secondaire des pousses successives des années antérieures, n'est pas indéfini comme on pourrait le croire théoriquement, mais s'éteint au contraire rapidement. Pour une pousse d'août de 1922 on ne trouve plus que des formations supplémentaires beaucoup moindres, plus bas, dans la pousse de 1921; à peine indiquées dans celle de 1920; et, plus bas encore, nulles dans la pousse de 1919 ainsi que chez toutes les pousses antérieures.

Lorsqu'une pousse d'août provient directement d'un bourgeon formé pendant une année antérieure (bourgeon qui, dans ce cas, est toujours latéral), le retentissement des tissus ligneux supplémentaires se fait sentir dans la branche ancienne à la fois au-dessous et au-dessus de l'insertion latérale de la pousse d'août; mais elle est plus marquée au-dessous.

Quant aux branches qui ne sont pas de vraies pousses d'août, mais qui continuent simplement une branche de printemps, elles se comportent anatomiquement comme des vraies pousses d'août.

Dans le Chêne (*Quercus robur*), il n'y a généralement que de vraies pousses d'août terminales, et l'on observe dans l'anatomie comparée de ces pousses et de celles du printemps les mêmes résultats que pour le Charme, toutefois avec un peu plus de netteté. Il en est à peu près de même chez l'Aubépine (*Cratægus oxyacantha*).

Dans le Micocoulier (*Celtis australis*), on trouve, et en abondance, les diverses sortes de pousses d'août; il y a même chez cet arbre de vraies pousses d'août latérales qui se développent à l'aisselle des feuilles d'une fausse pousse d'août. Ce qui est intéressant dans cette espèce, c'est que les vraies pousses d'août terminales produisent un deuxième anneau ligneux dans la pousse de printemps qui est au-dessous; cet anneau supplémentaire est presque aussi nettement séparé de l'anneau normal que le sont deux couches ligneuses secondaires dans les années successives d'une branche ordinaire; en ce cas, une coupe dans la branche de printemps, pratiquée actuellement ou dans quelques années, présenterait en cet endroit une structure qui pourrait faire croire à une année de plus dans son existence; comme le retentissement de cette formation annulaire est très faible dans la

branche de l'année précédente, une coupe pratiquée dans cette partie de l'arbre ne donnerait pas lieu à cette erreur.

Il en est sensiblement de même pour la Glycine (*Wistaria sinensis*); on peut même ajouter à propos de cette dernière espèce que, chez une fausse pousse d'août, l'anneau supplémentaire, qui s'y forme par suite du développement latéral de plusieurs vraies pousses d'août, s'atténue assez rapidement au-dessous de la partie développée en été et devient complètement nul à la base de cette même branche.

Des arbrisseaux qui ont été taillés pendant la saison, par exemple pour faire des haies, produisent, pendant cette même saison, de nouvelles branches superposées latéralement aux branches coupées, et qui sont dans une certaine mesure comparables aux « pousses d'août ». On peut observer, par exemple sur le Troëne (*Ligustrum vulgare*) et sur le Fusain (*Evonymus europæus*), chez ces tiges développées après la taille, des structures assez diverses. La plus curieuse est celle de tiges présentant un anneau supplémentaire distinct, et même, chez le Troëne, le commencement d'un second anneau externe.

En somme, au point de vue de la détermination de l'âge des arbres de nos climats par le nombre des couches ligneuses secondaires, la production de pousses supplémentaires en été ne fournit généralement pas une cause d'erreur, car, sauf chez quelques espèces, la formation ligneuse qui en résulte s'ajoute d'une façon assez continue aux productions normales. En outre, le retentissement de cette structure supplémentaire sur le bois des branches situées au-dessous ne se produit que sur les branches des deux ou trois années antérieures.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les pigments anthocyaniques et les phlobatanins chez les végétaux.* Note de M. St. Jonesco, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'emploi de l'alcool amylique, préconisé par Willstätter, pour la séparation des divers pigments anthocyaniques, a permis récemment de mettre en évidence l'existence de plusieurs pigments de cette catégorie; ceux-ci peuvent avoir toutefois des caractères différents. En effet, jusqu'à présent on a constaté par cette méthode, pour une espèce donnée, la présence dans divers organes rouges d'un corps de nature anthocyanique et coloré en rouge, appelé *anthocyanidine*, et d'un autre de même nature, coloré en

jaune, appelé *pseudo-base*. C'est surtout Kurt Noack qui s'est occupé de l'existence et de la relation des pseudo-bases avec les autres pigments anthocyaniques, chez les végétaux. Cet auteur a démontré que les pseudo-bases trouvées par lui sont des produits d'isomérisation d'une anthocyanidine, car en chauffant ces produits avec de l'acide chlorhydrique ils se transforment en un pigment coloré en rouge présentant tous les caractères des anthocyanidines.

Or R. Combes [1] a objecté ultérieurement que les substances identifiées par Kurt Noack comme pseudo-bases sont des *phlobatanins* et leurs produits colorés, obtenus par chauffage avec des acides, des *phlobaphènes*. On sait ce que sont les phlobatanins et les phlobaphènes en Physiologie; il s'agit de voir si les pseudo-bases de Kurt Noack entrent ou non dans la catégorie des phlobatanins. Or, il suffit de signaler que l'acétone utilisée par R. Combes comme solvant et les autres procédés de précipitation employés par lui ne sont pas exclusifs aux phlobatanins. On sait, en effet, que l'acétone est un solvant total qui dissout aussi bien les anthocyanes que les tanins, et que l'éther de pétrole employé par l'auteur précipite de même ces deux catégories de corps.

Par conséquent les produits ainsi obtenus sont un mélange de phlobatanins et de divers corps anthocyaniques, particulièrement de pseudo-bases de Kurt Noach. C'est pour cela encore que ces produits présentent des réactions communes aux tanins et aux anthocyanes.

Nous avons entrepris une étude détaillée pour chercher s'il existe une relation entre les pigments anthocyaniques et les substances appartenant à la classe des tanins. Nous donnerons ici seulement quelques résultats obtenus dans les expériences faites sur les feuilles rouges de *Prunus Pissarai;* l'exposé de nos recherches sera publié dans un prochain travail.

Les feuilles rouges de *Prunus Pissardi*, desséchées et transformées en poudre, ont été épuisées, après l'extraction complète des pigments chlorophylliens, par l'éther sulfurique, pendant 2 semaines. L'éther retire de ces organes deux substances différentes comme coloration et comme propriétés chimiques : 1° l'une, incolore, très soluble dans l'eau; 2° l'autre, jaune, complètement insoluble dans l'eau froide comme dans l'eau chaude, mais très soluble dans l'alcool éthylique. La première substance, à l'état de pureté, cristallise très parfaitement en longues tablettes et en aiguilles, la

---

(1) R. Combes, *La recherche des pseudo-bases d'anthocyanidines dans les tissus végétaux* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 58).

seconde se présente sous forme amorphe. Les plus importantes réactions que fournit cette première substance sont les suivantes :

Dans une solution aqueuse, cette substance, traitée par le perchlorure de fer, donne une belle coloration vert émeraude qui devient rouge par la soude et violet foncé par l'ammoniaque concentrée; elle présente aussi une coloration jaune suivie d'un précipité quand on la traite par le molybdate d'ammonium dissous dans le chlorure d'ammonium concentré. Si l'on ajoute de l'acétate neutre de plomb à une solution de cette substance, il se forme un précipité blanc. Enfin, elle réduit facilement la liqueur de Fehling. D'une solution aqueuse, ce corps passe dans l'alcool amylique, qui se colore en jaune si on le chauffe très longtemps (4 à 5 heures) avec des acides dilués (HCl, SO^4H^2). Cette couleur reste nettement jaune sans jamais être même teintée de rouge; des tanins chimiquement purs se sont comportés par leurs réactions de la même manière. Toutes les propriétés de cette substance montrent qu'elle appartient à la classe des tanins.

La substance jaune présente les caractères suivants : dans une solution alcoolique concentrée elle est précipitée immédiatement si l'on ajoute à la solution simplement de l'eau distillée. Nous n'insisterons donc pas sur les autres réactifs qui la précipitent facilement. Traitée par le perchlorure de fer, cette substance prend une coloration brun noirâtre; après quelques temps la nuance noirâtre disparaît, la coloration brune reste seule. Avec les alcalis et les acides elle acquiert une couleur jaune intense, elle ne réduit la liqueur de Fehling qu'après hydrolyse par des acides. Elle passe aussi dans l'alcool amylique, et ne se transforme jamais en pigment rouge, même par un chauffage prolongé, avec des acides dilués.

Après l'extraction de ces deux substances, nous avons retiré des mêmes feuilles, par l'éther acétique et par l'alcool amylique, les *pseudo-bases* et les *anthocyanidines*.

Ces derniers corps n'ont donc rien de commun avec les premières substances et surtout avec celle incolore de nature tannoïde. En effet, les pseudo-bases et les anthocyanidines se présentent, à l'état de pureté, comme une poudre amorphe très fine; les unes comme les autres sont insolubles dans l'éther sulfurique, dans l'eau, dans l'acide sulfurique; à peine solubles dans l'acide chlorhydrique; très solubles dans l'éther acétique, l'acide acétique, l'alcool amylique et les alcalis. Ces corps, étant insolubles dans l'eau, sont très facilement précipitables par divers réactifs; ils ne se colorent pas avec le perchlorure de fer et ils prennent toujours avec les alcalis une forte coloration jaune. Enfin les pseudo-bases, corps de couleur jaunâtre, chauffées

avec de l'acide chlorhydrique dilué, se transforment rapidement et complètement en un pigment rouge, une anthocyanidine : vingt minutes suffisent pour opérer la transformation.

A la suite de ces recherches, si l'on considère l'*anthocyane*, c'est-à-dire l'ensemble des pigments rouges, violets ou bleus qui colorent divers organes, nous distinguerons dans cet ensemble : 1° des composés colorés en rouge, violet ou bleu qui ne passent pas dans l'alcool amylique et que Willstätter a appelés *anthocyanines ;* 2° des composés colorés en rouge existant, à l'état libre, dans les organes, passant facilement dans l'alcool amylique et appelés *anthocyanidines ;* 3° des composés jaunâtres qui passent aussi dans l'alcool amylique et qui, par chauffage avec de l'acide chlorhydrique, se transforment en une anthocyanidine. Ces composés sont des *pseudo-bases* que l'on pourrait désigner aussi sous le nom de *leuco-anthocyanidines*.

ANATOMIE. — *Sur l'existence de glandes sympathicotropes dans l'ovaire et le testicule humains ; leurs rapports avec la glande interstitielle du testicule.* Note de M. L. **Berger**, présentée par M. Roux.

Le hile de l'ovaire de la femme adulte contient toujours de petits organes, dont les caractères morphologiques et évolutifs sont en partie ceux des paraganglions, en partie ceux de la glande interstitielle du testicule.

Ces organes sont situés dans les intervalles des vaisseaux du *rete ovarii*. On peut cependant en rencontrer jusque dans le mésovaire ou dans le stroma ovarien.

Leur nombre, leur morphologie et leurs dimensions sont très variables ; parfois réduits à quelques cellules, ils peuvent atteindre jusqu'à 2^{mm} de diamètre. Les uns sont formés par des amas ou files de cellules disposées comme au hasard dans les interstices du tissu conjonctif ou des nerfs, les autres constituent de véritables glandules à structure trabéculaire ou alvéolaire.

Ils méritent d'être rapprochés des organes paraganglionnaires :

a. Par la morphologie de leurs cellules : grandes cellules acidophiles à noyau rond ou fripé, à chromatine finement réticulée, montrant un gros nucléole très distinct. Le protoplasme est granuleux ou grumeleux dans son ensemble, ou bien compact au centre et clair, souvent spumeux, à sa périphérie ; les limites cellulaires sont parfois indécises,

b. Par leurs rapports avec les nerfs : on trouve ces cellules à l'intérieur des nerfs sympathiques, en file ou en amas entre les fibres de Remak, groupées en gaines autour des nerfs ou disposées enfin en travées ou en alvéoles dans les intervalles conjonctifs qui séparent les nerfs. Toutes ces formations sont reliées plus ou moins intimement entre elles et avec les fibres nerveuses.

c. Par leur abondante vascularisation : reliées ou non aux nerfs, les cellules prennent intimement contact avec les capillaires ou les petits vaisseaux. Isolées, elles se rangent le long des capillaires; leurs amas compacts sont pourvus d'un important réseau circulatoire.

d. Par la présence d'un pigment : celui-ci, de couleur brune, donne une réaction négative à l'argent et au ferricyanure de potassium. Il est souvent rassemblé en petits amas arrondis au milieu du protoplasme.

e. Par la présence d'un cristalloïde identique à celui que Stoerk et Haberer [1] ont décrit dans certaines cellules de la médullo-surrénale. Celui-ci est cylindrique ou en forme de massue légèrement incurvée et peut occuper toute la largeur d'une cellule. On en trouve un ou plusieurs.

f. Par la chromaffinité atténuée *d'une partie des cellules.* Ces organes diffèrent cependant des paraganglions classiques :

1° *Par leur formation et leur renouvellement* continuels postembryonnaires.

2° *Par leur polymorphisme* très prononcé.

3° *Par la présence de lipoïdes*, biréfringents et facilement solubles dans l'alcool.

4° *Par une chromoréaction spéciale :* certaines cellules montrent en effet une légère teinte brunâtre naturelle; cette teinte devient beaucoup plus intense après chromatisation. Il y a donc une chromoréaction manifeste, mais non identique à celle classique des paraganglions, où les cellules non chromées sont incolores.

5° Par la présence de véritables *paquets de cristalloïdes* intracellulaires, en tous points identiques à ceux qu'on a l'habitude de voir dans les cellules interstitielles du testicule.

Ces caractères, qui distinguent ces organes des paraganglions connus, les rapprochent en même temps de la glande interstitielle du testicule.

Je les considère comme un tissu spécial non encore identifié, dont

---

(1) Stoerk und Haberer, *Beitrag zur Morphologie des Nebennierenmarkes* (*Arch. f. mikroskopische Anatomie*, t. 72, 1908, p. 481).

l'*ensemble* des caractères ne répond à rien de connu dans l'organisme humain.

Pour tenir compte des rapports intimes des organes avee le sympathique d'une part, des différences avec les paraganglions classiques d'autre part, je les nommerai provisoirement *glandes sympathicotropes du hile de l'ovaire*.

Ayant constaté la constance de ces organes chez la femme, je les ai cherchés et retrouvés chez l'homme.

Ils siègent au niveau des nerfs amyéliniques dirigés vers le testicule et cheminant dans l'albuginée; les nerfs épididymaires en sont dépourvus. Leur aspect est ici en tous points analogue à celui que j'ai décrit dans l'ovaire; amas intranerveux, gaines périneurales, gros amas paranerveux. La morphologie cellulaire en est la même jusque dans les plus petits détails. Ce tissu est donc l'homologue de celui du hile de l'ovaire.

Or, sur certains points, ces amas se continuent directement avec les cellules interstitielles du testicule. On s'aperçoit alors de leur identité morphologique : même noyau, même protoplasme, mêmes cristalloïdes, mêmes variations de structure. Le nombre et l'aspect des éléments paranerveux et des éléments interstitiels proprement dits subissent des variations de même ordre; lorsqu'il y a atrophie des éléments interstitiels, les amas paranerveux diminuent, ils augmentent, s'il y a hyperplasie; à des cellules interstitielles claires, correspondent des cellules sympathicotropes claires; à des cellules interstitielles sombres, à protoplasme compact, des cellules sympathicotropes également sombres et compactes.

Conclusions. — Les organes sympathicotropes du hile de l'ovaire sont les homologues des amas cellulaires localisés dans les nerfs sympathiques du hile testiculaire et de l'albuginée ou au voisinage de ces nerfs. Les amas paranerveux du testicule se continuent avec les éléments interstitiels et suivent toutes leurs variations morphologiques et évolutives. Ils paraissent donc former avec eux un ensemble.

L'hypothèse est permise, et sera contrôlée par des recherches ultérieures, que les glandes sympathicotropes du hile de l'ovaire sont les homologues de la glande interstitielle du testicule; tandis que leur masse considérable dans le testicule gêne l'étude de leur genèse et de leurs rapports, leur petit nombre dans l'ovaire permet de mieux apprécier leur signification. Comme elles ont dans l'ovaire des rapports nerveux singulièrement intimes, tout en possédant certains des attributs d'éléments paraganglionnaires, on peut se demander si la glande interstitielle du testicule ne doit pas elle-même être considérée comme une sorte de paraganglion, une glande sympathicotrope mâle.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'hérédité* sex-linked *chez les Gallinacés. Interprétation fondée sur l'existence de la forme neutre et sur les propriétés de l'hormone ovarienne.* Note de MM. **A. Pézard** et **F. Caridroit**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

C'est un fait bien connu en hybridologie que certaines particularités indépendantes des caractères sexuels secondaires se transmettent suivant un mode spécial, lié au sexe. Pour fixer les idées, rappelons à ce sujet l'expérience classique de Morgan et Goodale; ces deux auteurs croisent deux races de volailles, Plymouth Rock barré et Langshan noir. Tous les descendants mâles de la première génération possèdent un plumage barré, quel que soit le sens du croisement (Plymouth barré dominant). Quant aux poulettes, celles qui résultent du croisement mâle barré × femelle noire sont barrées; celles qui proviennent du croisement mâle noir × femelle barrée sont noires; dans les deux cas, elles possèdent le plumage du père et non celui de la mère; de plus, dans le second cas, le principe de la dominance se trouve en défaut. Ce mode de transmission n'est pas exceptionnel chez les Gallinacés : dans le plus grand nombre des croisements effectués entre races pures, les phénomènes se passent de la même façon.

Un certain nombre de généticiens ont fourni de cette hérédité spéciale une explication qui est généralement acceptée. Cette explication est basée sur l'existence du chromosome sexuel et sur l'hypothèse que ce chromosome contient le facteur déterminant le plumage. Si brillante que soit cette manière de voir, elle offre néanmoins quelques points faibles : 1° non seulement la réalité du chromosome sexuel n'est pas acceptée par tous les biologistes, mais encore, la théorie chromosomique du sexe est en désaccord sur certains points avec l'existence d'une forme neutre chez les Gallinacés [expériences de Pézard, Goodale, Zawadowsky ([1])] et avec la double potentialité qui en résulte (expériences de Pézard, Zawadowsky ([1]); 2° à supposer que la théorie chromosomique du sexe soit fondée, il nous paraît illogique *a priori* d'admettre que le chromosome sexuel conditionne *directement* le plumage.

En présence de ces deux objections et étant donnée, d'autre part, la connaissance précise des propriétés de l'hormone ovarienne ([2]), nous avons entrepris depuis 1921 des expériences de croisement.

Comme matériel, nous nous sommes adressés à deux races très éloignées

---

([1]) Prof. Zawadowsky, *Das Geschlecht und die Entwicklung der Geschlechtsmerkmale* (Imprimerie gouvernementale. Moscou, 1922).

([2]) Pézard, *Transformation expérimentale des caractères sexuels secondaires chez les Gallinacés* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 260).

l'une de l'autre et présentant le maximum de dimorphisme sexuel : Leghorn doré et Dorking. Dans chacune d'elles, le mâle et la femelle diffèrent non seulement par la forme des plumes, mais encore par le pigment. En outre, vu la vogue spéciale dont ces deux races jouissent dans l'aviculture française, il nous était facile de nous procurer des sujets de race pure.

Bien que nos expériences soient loin d'être terminées, nous apportons ici les résultats particulièrement démonstratifs fournis par la première génération.

FAITS EXPÉRIMENTAUX.

Lignée A :	Lignée B :
Mâle Leghorn × Femelle Dorking.	Mâle Dorking × Femelle Leghorn.

Poussins.

Aspect semblable dans les deux lignées, sans sexualité apparente; tête brun acajou, duvet gris clair, bande longitudinale brune sous le corps, allant du bec à la queue, et bordée de part et d'autre par deux bandes gris sombre. Notons toutefois que la bande brune, continue dans la lignée A, est interrompue sous le cou dans la lignée B ([1]).

Adultes.	*Adultes.*
Coqs : Plumage présentant un mélange de caractères Leghorn et de caractères Dorking.	*Coqs :* Plumage présentant un mélange de caractères Leghorn et de caractères Dorking.
Poules : Plumage *Leghorn pur.*	*Poules :* Plumage *Dorking pur.*

Ainsi les poules nous montrent clairement la transmission *sex-linked.* Quant aux mâles, semblables dans les deux séries, ils mettent en lumière l'absence de dominance ([2]).

Interprétation. — Il est établi par de nombreuses observations que les gamètes portent à la fois les caractères mâles et les caractères femelles de leur race; dans ces conditions la formule génétique des gonades doit être complétée et représentée par deux symboles. En ce qui concerne le plumage des Gallinacés, l'un des symboles correspond au plumage prétendu mâle et *réellement neutre*, l'autre au plumage femelle, celui-ci *dépendant* de l'hormone ovarienne qui seule peut l'extérioriser.

([1]) Nous ne prétendons pas que cette uniformité soit générale dans les croisements entre races de Gallinacés.

([2]) Nous réservons pour une discussion ultérieure d'autres caractères intéressants (cinquième doigt, couleur des pattes, crétillons).

Symbole du Leghorn pur, mâle ou femelle : ● **♀**.

Symbole du Dorking pur, mâle ou femelle : ○ ♀.

Lignée A.	Lignée B.
Mâle : ● **♀** × Femelle : ○ ♀.	Mâle : ○ ♀ × Femelle : ● **♀**.
Poussins : ● **♀** ○ ♀.	Poussins : ○ ♀ ● **♀**.
Adultes { Coqs : ● **♀** ○ ♀ + Testicule.	Adultes { Coqs : ○ ♀ ● **♀** + Testicule.
Adultes { Poules : ● **♀** ○ ♀ + Ovaire.	Adultes { Poules : ○ ♀ ● **♀** + Ovaire.

On voit que dans les deux croisements les poussins ont la même constitution héréditaire, ce que confirme *a posteriori* leur uniformité. Quant aux mâles, leur génotype renferme deux symboles femelles qui restent à l'état potentiel vu l'absence d'ovaire, plus deux symboles neutres extériorisables sans condition hormonique; d'où l'identité des deux plumages soi-disant mâles dans les deux lignées.

En ce qui concerne les femelles adultes, la présence de l'ovaire introduit chez elles une action empêchante portant sur les deux symboles neutres et règle ainsi la destinée femelle du plumage. Mais d'autre part, à cette action hormonique générale, l'ovaire ajoute une *action empêchante raciale* bloquant le pigment dans le symbole neutre de la même race et celui-ci seulement; la formule génétique relative au pigment du plumage devient alors ● **♀**(○)♀ chez les poules hybrides de la lignée A et ○ ♀(●)**♀** chez les poules hybrides de la lignée B. Dans ces conditions la race paternelle représentée par deux valences l'emporte sur la race maternelle représentée par une seule valence et détermine la couleur de la femelle.

Au surplus, cette théorie se trouve renforcée par cela même qu'elle peut expliquer les résultats de croisements effectués par divers auteurs entre race pure et hybrides de la première génération. Il suffit pour cela de considérer que lors de la formation des gamètes, la dissociation du complexe type ● **♀** ○ ♀ fournit des éléments homogènes de deux sortes ● **♀** et ○ ♀, et que, d'autre part, il y a corrélation exclusive entre l'hormone ovarienne et les facteurs pigmentaires correspondant à l'ovule.

Conclusion. — L'hérédité sex-linked des Gallinacés nous apparaît comme la conséquence d'une hérédité physiologique maternelle directe, qui, en introduisant une action empêchante, permet l'extériorisation du caractère opposé.

BIOLOGIE. — *La distribution des animaux des marais salants dans ses rapports avec la concentration en ions hydrogène.* Note [1] de M. **Alphonse Labbé**, présentée par M. Henneguy.

La manière dont réagissent les êtres vivants aux concentrations du milieu est très complexe. Il y a un rapport étroit entre le comportement osmotique d'une cellule ou d'un organisme et l'état électrique des membranes.

C'est précisément le cas qui se présente dans les divers réservoirs d'une saline, et j'ai été ainsi conduit [2] à déterminer les valeurs de P_H dans les compartiments successifs des salines du Croisic. Ces valeurs m'ont donné une courbe constante et singulière de P_H, qui s'élève progressivement de 8 à 9 et au-dessus, pour redescendre brusquement dans les œillets ou cristallisoirs aux environs de 8.

Cette courbe de P_H est intéressante, car elle éclaire parfaitement la distribution des animaux dans les salines du type de celles du Croisic et de Batz.

Nous trouvons là une *faune halophile* et une *faune halobie* [3].

La première a été remarquablement étudiée par G. Ferronnière [4]. De cette faune disparate, constituée par des individus eurihyalins, résistants, émigrés des eaux marines ou des eanx douces au voisinage, variant naturellement avec les localités, je ne dirai rien. Ce sont des hôtes de passage, transitoires, se répandant partout en hiver lorsque tous les réservoirs ont le même régime ; se réfugiant en été dans les gobiers et la vasière ; s'adaptant tant bien que mal, parfois avec de petites variations individuelles, au milieu plus ou moins salé où ils se sont aventurés.

La limite de cette faune est variable et me paraît caractérisée par le niveau où peuvent persister *Idotea salinarum* Dollf. et *Nereis diversicolor* (gobiers ou premiers fares) pour $P_H = 8,5 - 8,6$.

Mais dès que la courbe de P_H s'élève, les halophiles sont arrêtés à part les larves d'Insectes, telles celles de *Stratiomys chamæleo*, assez cuirassées et assez résistantes ponr vivre jusqu'aux œillets, mais qui n'en sont pas moins des halophiles. Nous ne trouvons plus que les êtres vraiment *halobies*, qui ne sont plus des aventuriers de passage, mais des *habitués* du sel, des autochtones. Ces halobies, capables de pouvoir dépasser la courbe de P_H et de progresser dans la série ultime des réservoirs, se sont

---

(1) Séance du 6 novembre 1922.

(2) A. Labbé, *La variation de la concentration en ions hydrogène dans les marais salants* (*Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 843).

(3) Ces termes sont, je crois, de Cuénot (*Genèse des espèces animales*, 2e éd., p. 148).

(4) *Bull. Soc. sc. nat. Ouest France*, t. 1, 2e série, 1901.

cependant *localisés au niveau où* P_H *est, pour eux, optimum.* D'où, trois séries, trois étapes, trois étages successivement caractérisés par un Phyllopode célèbre : *Artemia salina* Leach ; un Cilié *Fabrea salina* Henneguy ; une Chlamydomonade *Dunaliella salina* Dunal.

a. *Artemia* ne se trouve pas tous les ans au Croisic. Cette année, en octobre, j'en ai trouvé une colonie qui commençait son apparition. Elle se trouve dans les fares les plus alcalins, là où la courbe de P_H est la plus élevée, entre 8,6 — 9,2 — 8,6, pour 18° à 20° B. Les individus mûrs, ovigères, avaient la forme *arietina,* avec 5 ou 6 soies candales non pennées ; les non mûrs, la forme *milhausenii*, avec 2 ou 3 soies courtes ; les jeunes et les jeunes larves, la forme *koppeniana*, à abdomen tronqué. Ce simple fait me paraît résoudre la question si discutée de la transformation spécifique des *Artemia* (Schmankewitsch). On voit, en effet, que la concentration saline et le niveau de P_H étant en progression, les œufs ont évolué en tel adulte d'après les conditions du début de l'ontogenèse. C'est l'état *présent* du milieu agissant sur l'œuf qui règle la forme de l'adulte. Je reviendrai d'ailleurs ultérieurement sur cette question.

b. *Fabrea salina,* décrit pour la première fois par M. Henneguy dans les salines du Croisic ([1]), représente une deuxième phase de la répartition des halobies. Son optimum est à la descente de la courbe de P_H, vers 8,5 à 8,4, dans les adernes où il n'y a plus d'*Artemia* et où il n'y a pas encore de *Dunaliella.* Il faut dire cependant qu'on trouve souvent des individus dans la zone précédente et dans la suivante.

c. Le troisième étage est constitué par la zone à *Dunaliella salina*, dont j'ai récemment décrit l'évolution ([2]), et dont l'optimum est dans les œillets, pour $P_H = 8,4 — 8,3$, c'est-à-dire un peu plus faible que pour *Fabrea.* Ils manquent souvent, pour cette raison, dans les premiers œillets que fréquentent souvent les *Fabrea.* Mais ils peuvent aussi, pour un P_H favorable, passer dans la guiffre et les dernières adernes.

Je n'ai pas besoin de dire que ce classement ne saurait avoir une rigueur absolue, puisque tous les compartiments communiquent et que P_H y varie constamment. Cependant la succession des niveaux est aussi constante que la courbe de P_H et semble nettement *liée à la valeur de* P_H. Chaque phase constitue une barrière aux oscillations et aux tropismes des espèces précédentes et suivantes. Chaque variation de P_H est suivie de nouvelles oscillations et chaque niveau est stable pour une valeur stable de P_H.

L'ascension de la courbe d'alcalinité arrête la faune halophile, et dans les compartiments suivants, les halobies s'étagent suivant leur milieu qui leur convient le mieux. La disparition, en automne, de la plupart des halobies symbolise chaque année l'arrêt de la saline en tant que champ de sel et milieu biologique, puisque, en hiver, ce n'est plus qu'une mare d'eau saumâtre.

([1]) F. Henneguy, *Ann. Microgr.*, t. 3, 1890, et *C. R. Soc. Biol.*, 1890.
Voir aussi : E. Fauré-Fremiet, *Arch. Anat. microsc.,* t. 13, p. 401-499.

([2]) A. Labbé, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1074 et 1689.

Ainsi toute la vie du marais salant semble en corrélation directe de la variation en concentration des ions hydrogène. De ceci, je ne voudrais pas que l'on puisse conclure que P_H est le seul facteur en cause. Il faut bien tenir compte de la quantité et de la qualité des sels dissous, de la température, de la viscosité, etc.

Mais P_H est certainement le facteur prépondérant, et l'on ne saurait trop insister sur l'importance de cette notion d'alcalinité ou d'acidité dans les phénomènes biologiques.

PROTISTOLOGIE. — *Sur l'évolution des Infusoires des Lamellibranches. Le genre* Pelecyophrya, *intermédiaire entre les Hypocomidés et les Sphenophryidés. Bourgeonnement et conjugaison.* Note de MM. **Édouard Chatton** et **André Lwoff**, présentée par M. F. Mesnil.

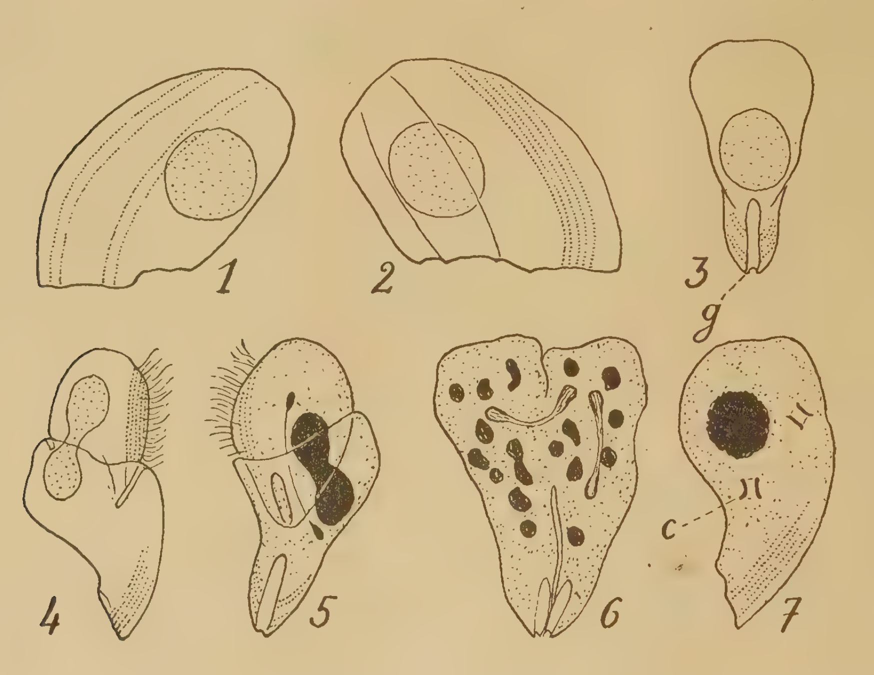
Dans une Note précédente (¹), nous avons montré que les Hypocomidés, considérés jusqu'ici comme des Acinétiens néoténiques et vagiles, sont en réalité des Ancistridés, qui, d'inquilins et phorétiques, sont devenus parasites. Il apparaît ainsi que les *Hypocoma* ne sont point de souche péritriche comme les Acinétiens, mais de souche holotriche. Dans la Note présente, nous faisons connaître un nouvel Infusoire des branchies des Lamellibranches, le *Pelecyophrya tapetis* n. gen., n. sp., appartenant à la famille des Sphenophryidés et intermédiaire entre ceux-ci et les Hypocomidés. Par lui les Sphenophryidés, qu'à cause de leur complète immobilité, de l'absence de bouche et de leur multiplication gemmipare, nous avions donnés comme des Acinétiens (²), se trouvent ainsi rattachés aux Hypocomidés et aux Ancistridés, partant aux Holotriches. Nous devrons nous borner ici à une étude objective de cette forme. En revenant plus tard sur la morphologie et le développement des *Sphenophrya*, nous tenterons d'esquisser l'évolution qui a conduit des Holotriches normaux à des formes si modifiées que nous avons pu tout d'abord les considérer comme les plus régressées parmi les Acinétiens.

Pelecyophrya tapetis vit sur le *Tapes aureus* de la région de Roscoff. 18 de ces mollusques sur 41 nous l'ont fourni. Les autres *Tapes* de Roscoff, *T. decussatus, T. rhomboides, T. pullastra*, ne le montrent point.

Il est fixé sur les filaments branchiaux, comme les *Sphenophrya*. Il a la forme représentée par les figures 1 (face gauche), 2 (face droite), 3 (face ventrale). On voit qu'il

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 787.
(²) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1495.

est très comprimé latéralement. Les faces se raccordent les unes aux autres en arrondi, sauf sur le quart de la face dorsale qui confine au pôle postérieur. Là cette face est une arête creusée d'une gouttière (*g*). C'est par cette portion de face que l'infusoire adhère à l'épithélium branchial de l'hôte. Les limites des faces latérales et de la face ventrale sont marquées par des stries, au nombre de cinq sur la face droite, très et également rapprochées, et de quatre sur la face gauche, disposées en deux paires très



écartées l'une de l'autre. Ces stries représentent des lignes d'insertions ciliaires, et dans de très rares individus, elles portent des cils. Normalement cependant, et sans que cela puisse être attribué à une altération, la ciliature fait complètement défaut. La face droite porte, outre cinq stries ciliaires, deux côtes parallèles à celles-ci.

Il n'y a pas trace de tentacules. Nous ne croyons pas pouvoir homologuer à ces organes des formations singulières encore énigmatiques, petits cylindres sidérophiles ouverts aux deux bouts (*fig*. 7 *c*), qui sont situés en plein cytoplasme, dans une position quelconque et que l'on ne peut d'ailleurs mettre en évidence que dans 30 pour 100 environ des individus. Il n'y a pas de vacuole pulsatile. Le macronucléus est bien visible *in vivo*, le micronucléus n'apparaît nettement que lors du bourgeonnement ou de la conjugaison.

La multiplication s'effectue par un mode intermédiaire entre la division binaire transversale banale d'un cilié, et le bourgeonnement externe propre à certains Acinétiens et caractéristique aussi des *Sphenophrya*. Elle débute par une constriction du corps subtransversale, mais cette constriction s'approfondit de telle sorte que le bourgeon tantôt plus petit, tantôt plus gros que la souche, rarement égal à celle-ci, y est en partie contenu, comme un œuf dans son coquetier (*fig*. 4 et 5).

Sa gouttière de fixation et son aire ciliée, précocement apparues, sont orientées et

disposées comme celle de la souche. L'aire ciliée porte toujours des cils. Elle diffère de celle de l'adulte en ce que les systèmes de stries ne sont pas séparés par un champ libre de cils. Ce champ n'apparaît qu'au cours du développement de l'embryon.

La conjugaison est partielle comme chez presque tous les ciliés. Les conjugants, égaux ou subégaux, s'accolent d'abord par leurs pôles antérieurs, et se soudent ensuite suivant toute leur longueur. Les phénomènes cytologiques sont difficiles à analyser en raison de la fragmentation précoce du macronucléus en de nombreuses balles chromatiques qui encombrent le cytoplasme et masquent les micronucléi. Ils paraissent d'ailleurs conformes au schéma classique (*fig.* 6). Ces résidus macronucléaires persistent longtemps chez les ex-conjugués. On voit parfois des syzygies de trois individus.

Cet infusoire se montre très proche des *Sphenophrya* par toute son éthologie, par l'absence de suçoir protractile, la persistance des stries ciliaires et parfois des cils à l'état adulte, et enfin par la disposition de ces stries, sur laquelle nous reviendrons d'ailleurs en ce qui concerne les *Sphenophrya*. Il en diffère par l'égalité approximative de taille de la souche et du bourgeon et par la concordance de leurs axes. Mais nous montrerons plus tard que leur non-concordance chez les *Sphenophrya* n'est qu'apparente.

Il se rattache, d'autre part, aux *Hypocomides* par la ciliature du bourgeon en deux champs distincts et à stries ciliaires méridiennes, la position de celui-ci dans l'axe de la souche et le mode de multiplication lui-même qui est autant un bourgeonnement qu'une scissiparité. La gouttière de fixation est peut-être le vestige d'un suçoir. L'absence de celui-ci peut s'expliquer par la nutrition osmotique qui s'effectue par toute la surface du corps aux dépens des matières organiques dissoutes dans l'eau d'irrigation de la cavité palléale.

Confronté avec les *Hypocoma* d'une part, avec les *Sphenophrya* de l'autre, *Pelecyophrya tapetis* nous montre par quel processus et sous quelles influences le bourgeonnement s'est substitué à la scissiparité simple chez les ciliés fixés, que ceux-ci soient ou non des Acinétiens. Et il nous fait penser aussi que, chez ces derniers, le bourgeonnement externe est un mode plus primitif que le bourgeonnement interne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Hérisson et virus rabique.*

Note de Mme M. **Phisalix**, présentée par M. E. Bouvier.

Pour savoir s'il existe un rapport fréquent entre l'immunité des espèces animales vis-à-vis des venins et leur résistance au virus rabique, nous avons essayé l'action de ce virus sur le hérisson, *Erinaceus europæus* L.), qui présente une immunité remarquable vis-à-vis des venins, de certaines toxines microbiennes, et des poisons en général.

Le virus employé dans ces expériences est le virus fixe provenant de

l'Institut Pasteur de Paris. Le virus, dilué au $\frac{1}{10}$ dans l'eau salée physiologique stérilisée, a été inoculé à la dose uniforme de 1^{cm^3} dans les muscles de la cuisse de quatre sujets d'âges et de sexes différents.

L'encéphale de chacun des sujets morts a été essayé, quant à son pouvoir de transmettre la rage, sur deux lapins d'un poids voisin de 2000^g, par inoculation intracérébrale.

Comme les hérissons se sont comportés différemment, nous résumerons brièvement pour chacun d'eux les symptômes observés, en suivant l'ordre de date de leur apparition.

Hérisson n° 1, jeune femelle pesant 480^g. — Au seizième jour après l'inoculation du virus fixe, apparaît de l'incoordination motrice, puis de la paralysie des pattes postérieures qui traînent en extension quand le sujet se déplace. Deux jours après, au dix-huitième jour, éclate une violente crise tétaniforme qui dure une heure environ, et qui débute par une cascade de petits cris rauques, étranglés, dus à un état spasmodique du pharynx. Cet état spasmodique gagnera bientôt les autres muscles du corps et persistera jusqu'à la mort. Pendant la crise, le sujet salive beaucoup, et sa gueule se remplit d'écume qui déborde des lèvres, et qu'il essuie à la bordure fourrée de son manteau. Après la crise, le sujet reste frappé d'hémiplégie et se tient couché sur le côté gauche. Sa respiration est accélérée, et il conserve pendant quelques jours son appétit; puis celui-ci disparaît. La paralysie progresse, s'étend aux muscles horripilateurs, de sorte que les piquants sont rabattus sur les téguments. Vers le neuvième jour de cet état, la respiration faible, mais rapide, indique seule que l'animal vit encore. Le sujet meurt au vingt-sixième jour après l'inoculation, ayant perdu le tiers de son poids initial.

Hérisson n° 2, mâle adulte pesant 1000^g. — Au 17e jour, le sujet, qui jusque-là avait augmenté de poids, est pris de spasmes localisés au pharynx, et se répétant plusieurs fois en l'espace de 24 heures, aussi bien la nuit que le jour : comme le sujet n° 1, il pousse chaque fois une série de cris rauques. L'appétit est également conservé. Vers la fin du premier mois se produit une paralysie des muscles de l'appareil génital déterminant l'accumulation puis un écoulement lent et continu par l'urèthre. Il en résulte des lésions irritatives de la face ventrale du corps, des pattes et même du museau, qui cèdent à un traitement approprié. Le sujet semble guéri; ce n'était qu'une rémission, car au début du deuxième mois, l'état s'aggrave, prend une allure adynamique. Le sujet tombe sur le flanc, inerte, les yeux clos, les piquants rabattus et en hypothermie croissante. Comme chez le hérisson précédent, la respiration traduit seule un reste de vie. Il meurt au 65e jour, c'est-à-dire 48 jours après le début des premiers symptômes, et ayant perdu 120^g de son poids initial.

Hérisson n° 3, mâle adulte pesant 905^g. — Au 15e jour, le sujet émet des plaintes : il a de petits tremblements généralisés, une soif vive, buvant souvent et longtemps, l'eau fraîche de préférence au lait. La respiration est accélérée et l'amaigrissement rapide ; en un mois, le poids du hérisson est descendu à 720^g. Comme chez le sujet n° 2, il se produit un écoulement continu par l'urèthre, et c'est là le seul phénomène paralytique que présentera le hérisson pendant la longue évolution de sa maladie.

Dans une deuxième période qui dure un mois environ, l'état s'améliore; le poids remonte au voisinage de son poids initial; le sujet semble presque guéri; ce n'était qu'une rémission; en effet, les symptômes du début réapparaissent et s'aggravent pendant 2 mois et demi. Le sujet meurt cachectique au 142e jour après l'apparition des premiers symptômes, et 5 mois après l'inoculation de virus fixe, ayant perdu, à 30g près, la moitié de son poids initial, c'est-à-dire dans un état de *cachexie profonde.*

Hérisson n° 4, jeune femelle pesant 536g. — Pendant tout le premier mois qui suit l'inoculation, le poids du sujet reste stationnaire, puis il augmente régulièrement. Au 84e jour après l'inoculation de virus fixe, le sujet présente, pendant une demi-journée seulement, de l'incoordination et de paralysie des pattes postérieures, qui traînent en arrière et en extension. Puis il redevient normal, continue de s'accroître, de sorte qu'à la fin de la 15e semaine, son poids s'est élevé à 1070g. Ce hérisson est depuis 18 mois d'observation encore bien portant.

Ainsi chez nos 4 sujets, l'inoculation de virus fixe a déterminé une affection d'allure assez polymorphe et dont la gravité semble indépendante de leur âge et de leur sexe.

La plupart des symptômes présentés par l'un ou l'autre de nos hérissons, *paralysie progressive à début postérieur*, *longue évolution de la maladie avec périodes de rémission*, *accélération respiratoire*, *amaigrissement*, etc., ont été signalés dès 1905 par M. Carlos França, qui a expérimenté sur une vingtaine de hérissons, et plus, avec le virus des rues de provenances diverses (rat, chien, homme). De plus M. França, a pu faire des passages au lapin en lui inoculant dans le cerveau l'émulsion de bulle des hérissons ayant succombé (durée de l'incubation 13-20 jours).

Il a également observé des lésions des centres nerveux et du ganglion plexiforme, dont la seule constante était le gonflement intense des neurofibrilles, et rarement la présence de corps de Negri.

Les hérissons ayant présenté les lésions et les symptômes sus-indiqués sont manifestement morts de la rage.

Mais à propos de ces symptômes, nous avons noté quelques différences qui montrent le polymorphisme de l'affection due au virus fixe. C'est ainsi que :

1° La *durée de l'incubation* s'est montrée plus courte (15-17 jours) chez les sujets qui ont succombé au virus fixe que chez ceux qui ont reçu le virus des rues (25 à 31 jours), et aussi plus constante, si l'on en excepte le cas où le sujet a guéri, et où elle a été voisine de 3 mois;

2° *Aucune agressivité* n'a été observée chez les hérissons malades vis-à-vis de leurs congénères ou des personnes qui les soignaient;

3° L'*évolution* s'est 1 fois sur 4 montrée continue;

4° Les *phénomènes paralytiques* ont été, chez le hérisson n° 3, localisés aux muscles de l'appareil génital;

5° Les *phénomènes spasmodiques*, le plus souvent limités au pharynx, quelquefois aux pattes, se sont généralisés chez le hérisson n° 1 et ont été précédés d'une violente *crise tétaniforme*, non encore observée;

6° Enfin, nous n'avons pas réussi à transmettre la rage au lapin par inoculation intracérébrale de l'émulsion de bulbe des hérissons morts (émulsion au $\frac{1}{10}$ à la dose de $0^{cm^3},5$). Et ces lapins, d'un poids voisin de 2000^g, et au nombre de 2 par hérisson, n'avaient pas d'immunité naturelle vis-à-vis du virus fixe, car éprouvés par la même voie 6 semaines après la première inoculation, 5 sur 6 ont contracté la rage dans les délais réglementaires, le sixième n'ayant présenté que des troubles trophiques.

Conclusions. — Si l'on considère la longue évolution habituelle de la maladie, déterminée par le virus fixe ou celui des rues, les périodes de rémission qu'elle est susceptible de présenter, la guérison spontanée qui peut survenir (dans 8 cas sur 12 d'après M. França, 1 sur 4 dans nos essais), enfin l'inconstance avec laquelle l'encéphale des hérissons morts de rage peut transmettre la rage au lapin, on doit reconnaître que l'organisme du hérisson, s'il ne jouit pas d'une haute immunité, se défend néanmoins assez bien, et qu'il semble capable de détruire, ou tout au moins d'atténuer, le virus rabique. Des expériences en cours d'exécution éclairciront probablement ce dernier point.

La séance est levée à 16 heures et demie.

É. P.